ಕುವೆಂಪು ಶತಮಾನೋತ್ಸವ ಮಾಲಿಕೆ -೨೦೦೪

# ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪರಿಶೋಧಕರು

ಡಾ. ಬಿ. ಸಿದ್ಧಲಿಂಗಪ್ಪ



ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪರಿಷತ್ತು
ಪಂಪಮಹಾಕವಿರಸ್ತೆ, ಚಾಮರಾಜಪೇಟೆ
ಬೆಂಗಳೂರು-೫೬೦ ೦೧೮

ಕುವೆಂಪು ಶತಮಾನೋತ್ಸವ ಮಾಲಿಕೆ-೨೦೦೪

ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು

# ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪರಿಶೋಧಕರು

(ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್, ಬಾರ್ಡೀನ್, ಕೂಪರ್, ಶ್ರೈಫರ್)

ಡಾ. ಬಿ.ಸಿದ್ಧಲಿಂಗಪ್ಪ

ಶುಭವಾಗಲಿ
ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪರಿಷತ್ತು
ಪಂಪಮಹಾಕವಿ ರಸ್ತೆ, ಚಾಮರಾಜಪೇಟೆ
ಬೆಂಗಳೂರು- ೫೬೦೦೧೮

PARAMAVIDYUDWAHAKAGALA PARISHODHAKARU
(Nobel Prize awardees in Physics): Kammerlingh onnes, Bardeen Cooper and Schrieffer
written by : Dr. B.Siddalingappa
Published by : Kannada Sahitya Parishat
Pampa Mahakavi Road, Chamarajapet, Bangalore - 560018
Pages : 88+viii Price : Rs. 30=00 : 2004

ಪ್ರಥಮ ಮುದ್ರಣ : ೨೦೦೪
ಪ್ರತಿಗಳು : ೧೦೦೦
ಬೆಲೆ : ಮೂವತ್ತು ರೂಪಾಯಿಗಳು



ಕುವೆಂಪು ಶತಮಾನೋತ್ಸವ ಮಾಲಿಕೆ-೨೦೦೪



ಮುದ್ರಣ : ಬಿ. ಎಂ. ಶ್ರೀ. ಅಚ್ಚುಕೂಟ ಆಫ್‌ಸೆಟ್ ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪರಿಷತ್ತು,
ಪಂಪ ಮಹಾಕವಿ ರಸ್ತೆ, ಚಾಮರಾಜಪೇಟೆ, ಬೆಂಗಳೂರು - ೧೮

## : ವಿಷಯ ಸೂಚಿ :



❋❋❋❋❋

ಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುವತ್ತ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ಈ ಚಿಂತನೆಗಳ ಮೇರೆಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ ಯೂರೋಪ್ ಖಂಡದ ನೆದರ್‌ಲೆಂಡ್ ದೇಶದ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ ಎಂಬ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಂಡುಕೊಂಡ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶವು ಹೊಸ ಪರಿಶೋಧನಾ ಸಾಮ್ರಾಜ್ಯವನ್ನೇ ಹುಟ್ಟುಹಾಕಿತು. ಪಾದರಸದಂತಹ ಲೋಹವನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಶೈತ್ಯೀಕರಿಸಿದಾಗ ಪಾದರಸದ ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಗುಣವು ಇಲ್ಲವಾಗಿ 'ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ' ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು (Super conducting state) ಹೊಂದುವುದೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲಾಯಿತು. ಮಾಲಿನ್ಯಕಣಗಳಿದ್ದಾಗ್ಯೂ ಮತ್ತು ಸ್ಪಂದನಾಗಂತಿಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಪ್ರಸಂಗದಲ್ಲೂ ವಸ್ತುವಿನ 'ವರ್ಗಾವಣಾ' ಅಥವಾ 'ವಿಷಮ' ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು 'ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ' ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಈ ಸತ್ಯದ ಅರಿವಿನಿಂದ ಮಾನವ ಕಲ್ಪನೆಯು ತನ್ನ ಓಘವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಮುಂದುವರೆಸಿತು. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಕೆಲವೇ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯೆ ? - ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆ ? - ಎಂಬ ತವಕಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಮುಂದುವರೆದವು. ಈ ಬಗೆಗಿನ ಯಶಸ್ಸಿಗೆ ಕೃತಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಪೂರಕವಾಗುತ್ತವೆ ? ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆಯೆ ? - ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿಯಬೇಕಿದೆ. ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೂವಾರಿಗಳಾದ ಮತ್ತು ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತರಾದ ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಲಿಯಾನ್ ನೀಲ್ ಕೂಪರ್, ಜಾನ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಶ್ರೈಫರ್ ತಮ್ಮ ಸಾಧನೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಫಲರಾದರು ಎಂಬ ವಿಚಾರವನ್ನೂ ನಾವು ತಿಳಿಯಬೇಕಿದೆ. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪೂರಕವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪರಿಶೋಧನೆಯ ಎರಡು ವಾಹಿನಿಗಳಾದ ಶೈತ್ಯೀಕರಣ ಶಾಸ್ತ್ರ (Cryogenics) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಾಸ್ತ್ರ (Electricity) ಇವುಗಳ ಪೂರ್ವೇತಿಹಾಸವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದೆ.

ಕೃತಿ ರಚನೆಗೆ ಸರ್ವದಾ ಆಶೀರ್ವಾದ ಮತ್ತು ಪ್ರೇರಣೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಪರಮಪೂಜ್ಯ ಶ್ರೀ॥ಮ॥ನಿ॥ಪ್ರ॥ಡಾ॥ ಶ್ರೀ ಶ್ರೀ ಶಿವಕುಮಾರ ಮಹಾಸ್ವಾಮಿಗಳವರಿಗೂ, ಬರವಣಿಗೆಗೆ ಅವಿರತ ಉತ್ತೇಜನ ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯಪರಿಷತ್ತಿನ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಶ್ರೀ ಹರಿಕೃಷ್ಣ ಪುನರೂರು, ಡಾ॥ ಸಿ. ವೀರಣ್ಣ ಮತ್ತು ಆಡಳಿತ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಹಾಗೂ ಶ್ರೀ ಕೆ.ಎಸ್. ರಾಘವೇಂದ್ರ ಬಾಬು, ಶ್ರೀ ಕಲ್ಕಿ ಡಿ.ಟಿ.ಪಿ. ಸೆಂಟರ್ ಇವರು ಆಸಕ್ತಿಯಿಂದ ಡಿ.ಟಿ.ಪಿ. ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಅಂದವಾಗಿ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿರುವುದಕ್ಕೆ ಕೃತಜ್ಞತೆಯನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸುತ್ತೇನೆ.

ತುಮಕೂರು | **ಡಾ॥ ಬಿ. ಸಿದ್ಧಲಿಂಗಪ್ಪ,** ಪಿಹೆಚ್.ಡಿ.,
ದಿನಾಂಕ : ೧-೧೧-೨೦೦೧ | ಕಂಬಾಳು

# ಅರಿಕೆ

ವಿಜ್ಞಾನವು ಪಲಾಯನವಾದವಲ್ಲ. ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ತಲೆದೋರುವ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅವಶ್ಯಕ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವ "ಜೀವನ ಹೋರಾಟದ" ವಿವೇಚನಾತ್ಮಕ ಪ್ರಧಾನ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿದಾಗಿದೆ. ವಿವೇಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲೇ ಶ್ರೇಷ್ಠನೆನಿಸಿರುವ ಮಾನವನಿಗೆ ಹತ್ತು ಹಲವು ಪ್ರಕೃತಿ ಜನ್ಯ ಸೀಮಿತಿಗಳಿವೆ. ಭೌತ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ದೃಗ್ಗೋಳಿಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ದೊರಕಿಸುತ್ತವಾದರೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳು ಮನುಷ್ಯನ ಗ್ರಹಿಕೆಗೆ ನೇರವಾಗಿ ನಿಲುಕುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಲೋಹಗಳ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧತ್ವಕ್ಕೆ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಹತ್ತು ಹಲವು ಊಹೆಗಳ ಸರಮಾಲೆಯನ್ನೇ ಮುಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ೧೮೯೭ರಲ್ಲಿ ಬ್ರಿಟೀಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೆ.ಜೆ. ಥಾಮ್ಸನ್ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಕಣರೂಪದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೇಲೆ ಡ್ರೂಡ್ ಮತ್ತು ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಘವೇ ಇದೆಯೆಂದೂ, ಸೊನ್ನೆ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡು ಎಲ್ಲಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲೂ ಈ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಂದೂ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಘರ್ಷಣೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಹರಳ ಸಾಲು ಅಣು ಘರ್ಷಣೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು-ಮಲಿನ ಕಣ ಘರ್ಷಣೆ - ಇವು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಯಿಂದ ಹಾಗೂ, ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲೂ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಯೇರ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನೇರಪಲ್ಲಟ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಳಂಬವೇರ್ಪಡುವ ಕಾರಣ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವೇರ್ಪಡುವುದೆಂದು ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ರೋಧತ್ವವು ಲೋಹದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವುದೆಂದು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಲೋಹದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವುದೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡು ನಿಷ್ಪನ್ನಗೊಳಿಸಿದ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗದ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ದೊರಕಿಸುವ ನ್ಯೂನತೆಯು ತಿಳಿದು ಬಂದದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಶಕ್ತಿಯುನ್ನು ಕುಂದಿಸುವುದೆಂದೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಲು ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುವ ಮಾರ್ಗೋಪಾಯವೇನಾದರೂ ಸಾಧ್ಯವೇ? ಎಂದು ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸಿದಾಗ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿನ ಮಲಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವ ಮತ್ತು ಲೋಹದ ಹರಳ ಸಾಲು ಅಣುಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ "ಸ್ಪಂದನಾ ಗಂತಿ" (Phonon)

# ಅಧ್ಯಕ್ಷರ ನುಡಿ

ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯಕ್ಕೆ ಕೊಡಲಾಗಿರುವ ದೇಶದ ಬಹುತೇಕ ಎಲ್ಲ ಪ್ರತಿಷ್ಠಿತ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪ್ರಶಸ್ತಿಗೆ ಮೊದಲು ಪಾತ್ರರಾದ ಗಣ್ಯ ಸಾಹಿತಿ ರಾಷ್ಟ್ರಕವಿ ಕುವೆಂಪು ಅವರು ಕನ್ನಡದ ವರ್ಡ್ಸ್‌ವರ್ತ್ ಎಂದು ಪ್ರಖ್ಯಾತರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಕವಿಯನ್ನು ಸ್ಮರಿಸುವುದೇ ಒಂದು ಚೇತೋಹಾರಿ ಅನುಭವ.

ಕರ್ನಾಟಕ ಸರ್ಕಾರ ಈ ಮಹಾಕವಿಯ ಶತಮಾನೋತ್ಸವವನ್ನು ಸಾಹಿತ್ಯಕವಾಗಿ ವರ್ಷವಿಡೀ ಆಚರಿಸುತ್ತಿರುವ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ, ಸಾರ್ವಜನಿಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿತವಾಗಿರುವ ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪರಿಷತ್ತು, ಸರ್ಕಾರ ನೀಡಿರುವ ಉದಾರ ಅನುದಾನವನ್ನು ರಚನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಈ ಮಹತ್ವದ ಕವಿಯ ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿ **"ಕುವೆಂಪು ಶತಮಾನೋತ್ಸವ ಮಾಲಿಕೆ"** ಯೊಂದನ್ನು ಆರಂಭಮಾಡಿದೆ. ಅಪರೂಪದ ಮೌಲಿಕವಾದ ೧೦೦ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಯೋಜನೆಯೊಂದನ್ನು ಹಾಕಿಕೊಂಡಿದೆ. ಹಲವಾರು ಅಲಭ್ಯ ಪ್ರತಿಷ್ಠಿತ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಮರುಮುದ್ರಣಮಾಡುವುದರ, ಜತೆಗೆ ಇತ್ತೀಚಿನ ಉತ್ತಮ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಮಾಲಿಕೆಯಡಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಉದ್ದೇಶಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿರುವ ಡಾ. ಬಿ.ಸಿದ್ಧಲಿಂಗಪ್ಪ ಅವರಿಗೆ ಧನ್ಯವಾದಗಳು. ಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಣೆಗೆ ಆರ್ಥಿಕ ನೆರವು ನೀಡಿ ಉಪಕರಿಸಿರುವ ಕರ್ನಾಟಕ ರಾಜ್ಯ ಸರ್ಕಾರಕ್ಕೆ ವಿನಯ ಪೂರ್ವಕ ಕೃತಜ್ಞತೆ ಸಲ್ಲಿಸುವ ಆದ್ಯ ಕರ್ತವ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಿ, ಪ್ರಕಟಣೆಗೆ ಹಸಿರುನಿಶಾನೆ ತೋರಿದ ಪ್ರಕಟಣಾ ಸಮಿತಿಗೂ, ಅಚ್ಚುಕಟ್ಟಾಗಿ ಮುದ್ರಿಸಿದ ಮುದ್ರಣಾಲಯಕ್ಕೂ ಪ್ರೀತಿ ಪೂರ್ವಕ ವಂದನೆಗಳು.

ಧರ್ಮದರ್ಶಿ ಹರಿಕೃಷ್ಣ ಪುನರೂರು
ಅಧ್ಯಕ್ಷರು

# ಅರಿಕೆ

ವಿಜ್ಞಾನವು ಪಲಾಯನವಾದವಲ್ಲ. ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ತಲೆದೋರುವ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅವಶ್ಯಕ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವ "ಜೀವನ ಹೋರಾಟದ" ವಿವೇಚನಾತ್ಮಕ ಪ್ರಧಾನ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿದಾಗಿದೆ. ವಿವೇಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಣಿಗಳಲ್ಲೇ ಶ್ರೇಷ್ಠನೆನಿಸಿರುವ ಮಾನವನಿಗೆ ಹತ್ತು ಹಲವು ಪ್ರಕೃತಿ ಜನ್ಯ ಸೀಮಿತಿಗಳಿವೆ. ಭೌತ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ದೃಗ್ಗೋಳಿಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ದೊರಕಿಸುತ್ತವಾದರೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳು ಮನುಷ್ಯನ ಗ್ರಹಿಕೆಗೆ ನೇರವಾಗಿ ನಿಲುಕುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಲೋಹಗಳ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧತ್ವಕ್ಕೆ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಹತ್ತು ಹಲವು ಊಹೆಗಳ ಸರಮಾಲೆಯನ್ನೇ ಮುಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ೧೮೯೭ರಲ್ಲಿ ಬ್ರಿಟೀಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೆ.ಜೆ. ಥಾಮ್ಸನ್ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಕಣರೂಪದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೇಲೆ ಡ್ರೂಡ್ ಮತ್ತು ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಘವೇ ಇದೆಯೆಂದೂ, ಸೊನ್ನೆ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡು ಎಲ್ಲಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲೂ ಈ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಂದೂ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಘರ್ಷಣೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಹರಳ ಸಾಲು ಅಣು ಘರ್ಷಣೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು-ಮಲಿನ ಕಣ ಘರ್ಷಣೆ - ಇವು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಯಿಂದ ಹಾಗೂ, ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲೂ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಯೇರ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನೇರಪಲ್ಲಟ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಳಂಬವೇರ್ಪಡುವ ಕಾರಣ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವೇರ್ಪಡುವುದೆಂದು ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ರೋಧತ್ವವು ಲೋಹದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವುದೆಂದು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಲೋಹದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವುದೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡು ನಿಷ್ಪನ್ನಗೊಳಿಸಿದ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗದ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ದೊರಕಿಸುವ ನ್ಯೂನತೆಯು ತಿಳಿದು ಬಂದದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕುಂದಿಸುವುದೆಂದೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಲು ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುವ ಮಾರ್ಗೋಪಾಯವೇನಾದರೂ ಸಾಧ್ಯವೇ? ಎಂದು ಪರ್ಯಾಲೋಚಿಸಿದಾಗ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿನ ಮಲಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವ ಮತ್ತು ಲೋಹದ ಹರಳ ಸಾಲು ಅಣುಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ "ಸ್ಪಂದನಾ ಗಂತಿ" (Phonon)

# ಅಧ್ಯಾಯ - ೧

## ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪರಿಶೋಧನೆಗೆ ಮುಖ್ಯವಾಹಿನಿಗಳಾದ ಶೈತ್ಯೀಕರಣಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಾಸ್ತ್ರ

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ದ್ರವ್ಯಗುಣಗಳ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಇತರೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆಗಳಿಗಿಂತ ಇದು ಅತಿ ಮೂಲಭೂತವಾದದ್ದು. ಇದು ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಮೂಲಭೂತವಾಗಿದೆ ? - ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ನಾವು ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಬಹುದು. ಈ ಎರಡೂ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ, ದ್ರವ್ಯಗುಣಗಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ, ಪವಮಾನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ, ಗಣಕಯಂತ್ರ, ವೈದ್ಯವಿದ್ಯೆ ಮತ್ತು ಇತರೆ ಏನನ್ನಾದರೂ ರೂಪಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸುವ ಕಾರ್ಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ವ್ಯತಿಕ್ರಮ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಂದಾಗಲೀ, ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಂದಾಗಲೀ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿಷ್ಪನ್ನಗೊಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಸಾಧನೆಗಳಿಗೆ ಮೂಲಾಧಾರವಾದ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು (Quantum Mechanics) ಬಳಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಅಣುಗಳ ಮತ್ತು ಸರಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಸವಿವರವಾಗಿ ಅಭ್ಯಸಿಸಬಹುದು. ಸಂಕೀರ್ಣ ಪರಮಾಣುಗಳು ಗಣಕಯಂತ್ರವನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡೇ ಬಿಡಿಸಬೇಕಾದ ಜಟಿಲತೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರಸಂಗವು ತತ್ವಗಳ ಅಥವಾ ತಿಳುವಳಿಕೆಗಳ ವೈಫಲ್ಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವ ಸಂದಿಗ್ಧತೆಯನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡುವುದಿಲ್ಲ. ಕಟ್ಟ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಜೈವಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರತೀ ಪ್ರಸಂಗವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ ಅಂತರಾತ್ಮದಂತಹ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವಷ್ಟು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ ಆಳವಾದ ಅಧ್ಯಯನ ಮತ್ತು ಪರಿಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ನಾವು ಬಹುದೂರ ಸಾಗಬೇಕಿದೆ. ಈವರೆಗೂ ರೂಪಿಸಿರುವ ಭೌತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಂದ ಇಂತಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಸಂಭವವಿಲ್ಲವೆಂದು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ನಂಬಿದ್ದಾರೆ. ಮಾರ್ವಿನ್‌ಮಿನ್‌ಸ್ಕಿಯಂತಹ ಇತರೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತಾರೆ. ನಮ್ಮ ಮೆದುಳು ಮಾಂಸದಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡ ಗಣಕಯಂತ್ರಕ್ಕಿಂತ ವಿಭಿನ್ನವಲ್ಲ. ದ್ವಂದ್ವ ಚಿಂತನೆಯನ್ನು ನಂಬಿರುವ ಕೆಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದನ್ನು

ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ತಿರಸ್ಕರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಅವರ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಗಳ ಅನ್ವಯ, ಮಿದುಳಿನ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗೆ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮನಸ್ಸಿನ ಮೂಲ ಭೌತಾಂಶವು ಅಸ್ಥಿತ್ವದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

'ಬಹಳಷ್ಟೇ ವಿಭಿನ್ನವಿದೆ' (More is different) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನಿಂದಲೇ ಕರೆಯುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಬೋಧನಾ ಸಮುದಾಯವೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮುಖರಾದ ಫಿಲಿಪ್ ಆಂಡರ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಸೃಷ್ಟಿಯ ಜೈವಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಅರ್ನ್‌ಸ್ಟ್ ಮೇಯರ್ - ಇವರ ವಾದದ ಅನ್ವಯ ಅತಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ಸಂಯೋಜನೆಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅದರಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದ ಘಟಕಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದ ನಿಷ್ಪನ್ನಗೊಳಿಸಲು ಯಾರಿಂದಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಮೇಯರ್ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ - "ಸಮಗ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ವಿಲಕ್ಷಣಗುಣಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಅದರ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದ ಘಟಕಗಳ ಅಥವಾ ಇನ್ನಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ ಪಡೆದ ಪೂರ್ಣಜ್ಞಾನದಿಂದ ನಿಷ್ಪನ್ನಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ". ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಏಕಮಾತ್ರ ಜೀವಕೋಶದ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ಮನುಷ್ಯನ ಮಿದುಳು ಯುಕ್ತಜೀವಕೋಶಗಳ ಸಮಗ್ರತೆಯೆಂದು ಪ್ರಕಲ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅಂತಹ ಮಿದುಳು ಸ್ವವಿವೇಚನೆಯನ್ನು ಸ್ಫುರಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದೆಂದು ಪ್ರಕಲ್ಪಿಸುವುದೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಪ್ರಸಂಗಗಳು ಲೇಖಕರಿಗೆ ಅನರ್ಘ್ಯ ಗಣಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದಾದರೂ ಅಂತ್ಯಕಾಣದ ಇಂತಹ ಪ್ರಸಂಗಗಳು ಉಪಯುಕ್ತ ಫಲವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿವರಣೆಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಪ್ರಸಂಗವು ನಿತ್ಯಾನುಭವದ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಬರುತ್ತದೆ. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡಾಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಈ ಪ್ರಸಂಗದ ಬಗ್ಗೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಮತ್ತು ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಚ್ಚರಿಯನ್ನು ತಂದಿತ್ತು. ಇದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಾರಭ್ಯ ನಲವತ್ತು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಅಜ್ಞಾತ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ರಹಸ್ಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಮುಂದುವರಿದ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಕಾಣಲಿಲ್ಲ. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಪ್ರಸಂಗವು ಲೇಖಕರಿಗೆ ಸಾರಭರಿತ ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿ ತೋರಿಬರದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಇನ್ನಾವುದೇ ಪ್ರಸಂಗವು ಸಾರಭರಿತವಾಗಿ ತೋರಿಬರಲಾರದು. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಪ್ರಕರಣವನ್ನು ದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಅತೀ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿಗೆ ಕಂಡುಕೊಂಡ ಕಾರಣ, ಅತಿಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಶೈತ್ಯೀಕರಣ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಮೊದಲ ತಾರ್ಕಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಪ್ರಸಂಗವಾಗಿದೆ. ಅತಿಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಸಂಗವು ಐತಿಹಾಸಿಕ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಹೊಸಸಂಗತಿಯೇ ಆಗಿದೆ. ಹತ್ತು ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ದ್ರವ್ಯಗಳ ಶಾಖವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಮನುಷ್ಯರು ತಿಳಿದಿದ್ದರು. ಅದು ಸುಲಭದ

ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವಾಗಿತ್ತು. ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಬೆಂಕಿಗೆ ಹಿಡಿದಾಗ ಅದರ ಶಾಖದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇನ್ನೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸುವುದು ಕಷ್ಟದ ಕಾರ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಆ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ "ಶೈತ್ಯೋತ್ಪಾದಕ" (Cold generator) ಇರಲಿಲ್ಲವಾದರೂ ಶಾಖೋತ್ಪಾದಕವಾಗಿ ಬೆಂಕಿಯಿತ್ತು. ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಸ್ಥಿತಿಯು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ದೊರೆಯುತ್ತಿತ್ತೇವಿನಃ ಕೃತಕ ಪ್ರಯತ್ನದಿಂದಾಗಿರಲಿಲ್ಲ.

ದ್ರವ್ಯಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುವ ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆಯೆಂದು ಗ್ರೀಕರು ಮತ್ತು ರೋಮನರು ತಿಳಿದಿದ್ದರು. ಆದರೆ 'ಶೈತ್ಯೀಕರಣ' ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಅವರು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿರಲಿಲ್ಲ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪಿನ ಮಿಶ್ರಣದಿಂದ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದೆಂದು ಅವರಿಗೆ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ಆದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸತತವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈ ತಿಳುವಳಿಕೆಗಾಗಿ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೇ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಾರಂಭದ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. ಬ್ರಿಟೀಷ್ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನೂ, ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಮಹತ್ಸಾಧನೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರೇರಣೆ ನೀಡಿದ ಗುರುವೂ ಆದ ಸರ್ ಹಂಪ್ರಿಡೇವಿ ಮತ್ತು ಇತರರು ಕಂಡುಕೊಂಡಂತೆ ಹಲವಾರು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಒತ್ತುವಿಕೆಯಿಂದ ಸಂಕೋಚನಗೊಳಿಸುವ ಮೂಲಕ ಅವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಬಹುದು. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ದ್ರವವು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬದಲಿಸಬೇಕಾದರೆ 'ದ್ರವೀಕರಣ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ' (Latent heat of liquifaction) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿರುವ ಶಾಖ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅನಿಲದಿಂದ ಹೊರದೂಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅನಿಲವನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಮಾಧ್ಯಮದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರುವಂತೆ ಈ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಆಸ್ಪದಕೊಟ್ಟಾಗ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿರುವ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಿದಾಗ ದ್ರವವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲವು ಕುದಿಯತೊಡಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡದ ಕುದಿಯುವಿಕೆಯಿಂದ ಅದು ಸುತ್ತುವರಿದ ಮಾಧ್ಯಮಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ರವಾನಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆ ಮೂಲಕ ಶೈತ್ಯಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. "ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯಲು" ಆಸ್ಪದ ಮಾಡಿಕೊಡುವ ವಿಧಾನವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕದ್ದಾಗಿತ್ತು ಮತ್ತು ದ್ರವವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುವ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಮಾರ್ಗವಾಗಿತ್ತು. ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಸ್ಕಾಟ್‌ಲೆಂಡಿನ ವಿಲಿಯಂ ಕಲೆನ್ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಯತ್ನ ನಡೆಸಿದಂತೆ ತೋರಿಬರುತ್ತದೆ. 1748ರಲ್ಲಿ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಈಥೈಲ್ ಈಥರನ್ನು ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸಿದನು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯೋಗ ಪ್ರಸಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು 75 ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೀರ್ಘಾವಧಿಯವರೆಗೆ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು.

1838 ರಲ್ಲಿ 'ಒತ್ತು ವಿಧಾನದ ಶೈತ್ಯಕಾರಿ' (Compression type refrigerator) ಸಾಧನವನ್ನು ಜಾಕೊಬ್‌ಪರ್ಕಿನ್ಸ್ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದನು.

ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸುವ ಬೇರೊಂದು ವಿಧಾನವನ್ನು ಬ್ರಿಟೀಷ್ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಜೇಮ್ಸ್ ಪ್ರೆಸ್‌ಕಾಟ್ ಜೌಲ್ ಮತ್ತು ಲಾರ್ಡ್‌ಕೆಲ್ವಿನ್ 1852ರಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು. ಇದನ್ನು "ಜೌಲ್-ಕೆಲ್ವಿನ್ ಪರಿಣಾಮ" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಏಕ ಮುಖವಾಗಿ ಮಾತ್ರವೇ ಹರಿಯಲು ಬಿಡುವ ಕಿರು ನಿಯಂತ್ರಕ ನಾಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದ ಅನಿಲವೊಂದನ್ನು ಖಾಲಿ ಶೇಖರಣಾಗಾರಕ್ಕೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅನಿಲವು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಿಗ್ಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಮತ್ತು ಸದರಿ ಅನಿಲವನ್ನು ಅದರ ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Critical Temperature) ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸಿದಾಗ ವಿಸ್ತಾರ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹರಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಅನಿಲವು ತನ್ನ ಆಂತರಿಕ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಮೂಲಕ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಇಳಿದ ಅನಿಲವನ್ನು ಮತ್ತೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿ, ಮತ್ತೆ ಕಿರು ಏಕಮುಖ ನಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಮುಕ್ತ ವಿಸ್ತರಣೆಗೆ ಗುರಿಪಡಿಸುವ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯಿಂದ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸತತವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಗೊಂಡು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ, ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನದಿಂದಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಜೌಲ್-ಕೆಲ್ವಿನ್ ಪರಿಣಾಮದ ವಿಧಾನದಿಂದಾಗಲೀ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಕಾರ್ಯಗಳು ಪ್ರಚಲನೆಗೆ ಬಂದವು. ಈ ಬಗೆಯ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ ? - ಎಂಬುದು ನಂತರದ ಕುತೂಹಲದ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿದೆ.

ಕೆಲವು ಶತಮಾನಗಳ ಹಿಂದೆ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವೇ ಇರಲಿಲ್ಲವೆಂದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಯಾವು ವಸ್ತುವು ಎಷ್ಟು ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಬಲ್ಲದು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೂ ಸಹ ಖಚಿತ ಉತ್ತರ ದೊರೆಯುವ ಸಂಭವವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಅಪಾರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಕಂಡ ಈ ದಿನಗಳಲ್ಲೂ ಸಹ ವಸ್ತುವು ಎಷ್ಟು ಗರಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ ? - ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸೀಮಿತಿಯೇ ಇಲ್ಲವೆಂದು ನಾವು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿರುವಂತೆಯೇ ಎಷ್ಟು ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಾಧ್ಯ ? ಎಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಸಂದಿಗ್ಧತೆಯಿತ್ತು. ಇಂದಿನ ಅಣುಯುಗದ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಳತೆ ಮಾನ (Unit of Measurement) ದಲ್ಲಿ "ಶಾಖವು ಚಲನೆಯಲ್ಲದೆ ಮತ್ತಿನ್ನೇನೂ ಅಲ್ಲ" ವೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಕೌಶಲ್ಯದ ಅಗಾಧ ಪರಿಶ್ರಮದ

ಫಲವಾಗಿ ಅಂತಿಮ ಮನವರಿಕೆಗೆ ಬಂದಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಮನವರಿಕೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಸಾಧ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಸಾಧ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು "ನಿರುಪಾಧಿಕ ಸೊನ್ನೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ" (Absolute Zero temperature) ಅಥವಾ "ಸೊನ್ನೆ ಡಿಗ್ರಿಕೆಲ್ವಿನ್" (Zero degree Kelvin) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಚಲನೆಯಿಲ್ಲದ ಸ್ಥಿತಿ (Motion-less State) ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದೆ. ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಉಷ್ಣಸಾಗಣೆಕಾರಿಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಬರೀ ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವಿನ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶಾಖವನ್ನು ಅದರಿಂದ ಹೊರತೆಗೆದಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸೊನ್ನೆ ಡಿಗ್ರಿಕೆಲ್ವಿನ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಶುದ್ಧ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇದನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತಾರೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯ ಅನ್ವಯ ವಸ್ತುವಿಗೆ "ಶೂನ್ಯಬಿಂದು ಶಕ್ತಿ" (Zero Point Energy) ಎಂದೇ ಕರೆಯಲಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯಿದ್ದೇತೀರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣ, "ವ್ಯತಿಕ್ರಮ ಸಾಧ್ಯದ ಸ್ಥಿರೋಷ್ಣ ಕಾರ್ಯಗತಿ" (Reversible isothermal process) ಯ ಪರಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ "ಸೊನ್ನೆ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ" ಉಷ್ಣ ಬಲಕ್ರಿಯಾ ಸ್ಪಷ್ಟನೆ (Thermodynamic definition) ಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ತತ್ವದ ಅನ್ವಯ $-273.16^0$ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸೊನ್ನೆಕೆಲ್ವಿನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದನೆಗೊಂಡಿತು. ಈ ಸೊನ್ನೆಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಸ್ಥಿತಿಗಿಂತ ಮೇಲ್ಪಟ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಧನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ಕೆಲ್ವಿನ್ ಉಷ್ಣಮಾನವು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್‌ಗೆ ಸಮವಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, $O^0K = -273.16^0C$, $273.16^0K = O^0C$, ಹಾಗೂ $373.16^0K = 100^0C$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಲ್ವಿನ್ ಅಳತೆಮಾನವು ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಉಲ್ಲೇಖದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಾರಂಭಗೊಂಡರೆ, ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಅಳತೆ ಮಾನವು ನೀರಿನ ಘನೀಭವನ ಬಿಂದು ವಿನ ಉಲ್ಲೇಖದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಾರಂಭಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಅಳತೆ ಮಾನದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಅಳತೆ ಮಾನದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧದ ಅನ್ವಯ ಪಡೆಯಬಹುದು.

$$t^0C = (T^0K - 273^0)$$

ಎಲ್ಲಾ ದ್ರವ್ಯಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗಳಿಗೆ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಅಳತೆ ಮಾನವು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುವುದೆ ? - ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಈಗ ಚರ್ಚಿಸೋಣ. ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳು ಸೊನ್ನೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುವಂತೆ ಇಡಲಾಗಿದೆ. ಉಷ್ಣ ಬಲಕ್ರಿಯಾ

ಶಾಸ್ತ್ರದ ಅನ್ವಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣತೆ ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣತೆ ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಶಾಖವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸರಿ ಸಮವಾಗುವವರೆಗೆ ಶಾಖದ ಹರಿಯುವಿಕೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ. ಸೊನ್ನೆ ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವಂತೆ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲೂ ಶಾಖವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಶಾಖವು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವ ಸಂದರ್ಭವೇ ಒದಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಪರ್ಕಿಸಿಟ್ಟಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ಶಾಖವು ಹರಿಯುವುದಿಲ್ಲವೆಂದ ಮೇಲೆ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದರೆ, ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಸೊನ್ನೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಸೊನ್ನೆ ಬಿಂದುವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಪ್ರಯೋಗಕಾರರು ತಮಗೆ ಸಾಧ್ಯವಿರುವಷ್ಟು ಕನಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಸತತ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಆ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಹಲಕೆಲವು ನೈಜ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. -100$^0$C ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಗಂಧಕದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ದ್ರವೀಕರಿಸಿದರು. 1799ರಲ್ಲಿ ಮಾಂಗೆ ಮತ್ತು ಕ್ಲೊವೆಟ್ ಜೊತೆಗೂಡಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ ಮತ್ತು ಉಪ್ಪಿನ ಮಿಶ್ರಣದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಈ ದ್ರವೀಕರಣ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಿದ್ದರು. -33$^0$C ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕ್ಲೋರಿನನ್ನು ಒತ್ತುವಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಅನಿಲವನ್ನು ಸಂಕೋಚಿಸುವ ಸರಳ ವಿಧಾನದಿಂದ ನಾರ್ಥರ್ ಮೋರ್ ದ್ರವೀಕರಿಸಿದನು. 1830ರಲ್ಲಿ -78.5C ದ್ರವೀಕೃತ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ "ಶುಶ್ಕ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ" (Dry ice) ಅಥವಾ ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಹಿಮವನ್ನು ಥಿಲೋರಿಯರ್ ಉತ್ಪಾದಿಸಿದನು. ಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಈ ಸಾಧನೆಗಾಗಿ ಆತನು ಅನಿಲದ "ಮುಕ್ತ ರೂಪದ ಗಾತ್ರ ವಿಸ್ತರಣೆ" (Free Expansion) ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿದ್ದನು. 1823ರಲ್ಲೇ ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಕ್ಲೋರಿನನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಿದನಾದರೂ ಥಿಲೋರಿಯರ್ ಕಾರ್ಯ ಪ್ರಯತ್ನದ ನಂತರ ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ಈಥರ್ ಮಿಶ್ರಣದಿಂದ -110$^0$C ನಷ್ಟು ಅತೀ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯ ದಾಖಲೆಯನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿದನು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಆತನು ಹಲವಾರು ನೈಜ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ತೋರಿದನು. ಆದರೆ ಜಲಜನಕ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಈತನು ಅಸಫಲನಾದನು.

1877ರಲ್ಲಿ ಲೂಯಿಸ್ ಕೈಲೆಟಿಟ್ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಹಲವು ನೂರು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಳಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿ ಅನಿಲವನ್ನು ಸಂಕೋಚಿಸಿ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅದೇ ಅನಿಲದ ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Tc) ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಗೆ ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸಿ, ತದನಂತರ ಮುಕ್ತ ರೂಪದ ಗಾತ್ರವಿಸ್ತರಣೆಗೆ ಕಿರು ನಿರ್ಗಮನ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ -164$^0$C ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮೀಥೇನ್ ದ್ರವವನ್ನೂ, -192$^0$C ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಇಂಗಾಲದ ಮಾನಾಕ್ಸೈಡ್ ದ್ರವವನ್ನೂ ಮತ್ತು -183$^0$C ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಆಮ್ಲಜನಕ ದ್ರವವನ್ನೂ ಉತ್ಪಾದಿಸಿದನು. ಇವು ಇಬ್ಬನಿ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಪ್ತವಾದವೇ ವಿನಃ ಕಲೆತ ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗಲಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕೆ ಯಾವುದೇ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೂ ಕೈಗೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲ.

1883ರಲ್ಲಿ ರೊಬ್ಲೆವ್‌ಸ್ಕಿ (Wroblewski) ಮತ್ತು ಓಲ್ಸೆವ್‌ಸ್ಕಿ (Olazewski) ಜೊತೆಗೂಡಿ -136$^0$C ನಷ್ಟು ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ ದ್ರವ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಪಡೆದರು. ಇದಾದ ಎರಡು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಇದೇ ಜೋಡಿಯು -152$^0$C ನಷ್ಟು ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲದ ಮಾನಾಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳೆರಡನ್ನೂ ದ್ರವೀಕರಿಸಿದರು. ಇದೇ ವರ್ಷ ಓಲ್ಸೆವ್‌ಸ್ಕಿಯು -225$^0$C ನಷ್ಟು ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು. ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಇದು ದಾಖಲೆ ಸಾಧನೆಯಾಗಿ ಉಳಿದು ಮುಂದುವರಿಯಿತು. ಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗಿ ದ್ರವಜಲಜನಕವನ್ನು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕರಿಸುವ ಸಾಹಸವನ್ನೂ ತೋರಿದನು. 1886 ರಲ್ಲಿ ಜೋಸೆಫ್ ದೀವಾರ್ (Deewar) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈತನ ಹೆಸರಿನಿಂದಲೇ ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ "ಕಿರುಕಂಠದ ದೀವಾರ್ ಜಾಡಿ" (Deewar Flask) ಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿದನು. ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕರಣಗೊಂಡ ಅನಿಲವು ಜಾಡಿಯ ತಳದಲ್ಲೂ ಮತ್ತು ದ್ರವೀಕರಣಗೊಳ್ಳಬೇಕಿರುವ, ಆದರೆ ಶೈತ್ಯಗೊಂಡ ಅನಿಲವು ಕಿರುನಿರ್ಗಮನ ಕೊಳವೆಯಿಂದ ಗಾತ್ರವಿಸ್ತಾರಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಹರಿದು ಬರುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸಿದ ನಂತರ ಪುನರಾವರ್ತನೆ ಕಾರ್ಯಗತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚನೆ, ಶೈತ್ಯೀಕರಣ, ಕಿರು ನಿರ್ಗಮನ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಮುಕ್ತರೂಪದ ಗಾತ್ರವಿಸ್ತರಣೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಸತತವಾಗಿ ದ್ರವೀಕರಣಗೊಂಡು ಕಿರುಕಂಠದ ದೀವಾರ್ ಜಾಡಿಯಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕ ಪ್ರಮಾಣದ ದ್ರವವು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ದ್ರವವು ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಅವಧಿಯವರೆಗೆ ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. 1898ರಲ್ಲಿ ಜೋಸೆಫ್ ದೀವಾರ್ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಗಣನೀಯ

ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕರಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣಾಂಶ $20^0$K, ಅಂದರೆ $-253^0$C ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲಗಳೂ ದ್ರವೀಕರಣಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಅನಿಲಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಗಾತ್ರಸಂಕೋಚನೆಗೊಳಿಸಿ, ಅವುಗಳ ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಗೆ ಶೈತ್ಯೀಕರಿಸಿ, ಕಿರು ನಿರ್ಗಮನ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಮುಕ್ತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತಾರಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ ದ್ರವೀಕರಿಸುವ ತಾಳ್ಮೆ ಭರಿತ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಸಾಧಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಈ ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ.

1890 ರ ವರೆಗೆ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲದ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆದಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಅದು ತಿಳಿದಿರದ ಅನಿಲವಾಗಿತ್ತು. ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣದ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffraction) ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ 1898ರಲ್ಲಿ ಜಾನ್‌ಸೆನ್ ಮತ್ತು ಲಾಕಿಯೆರ್ ಪಡೆದ ವರ್ಣಪಟ್ಟಿಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಮೂಲಕ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಅದಕ್ಕೂ ಮೊದಲು ಈ ಅನಿಲವನ್ನು ಭೂ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಬಗೆಯು ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಅಂದಮೇಲೆ, ಅದರ ಗುಣಗಳೂ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ರಷ್ಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಡಿಮಿಟ್ರಿ ಮೆಂಡೆಲೀವ್ 1870ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳ "ಕ್ರಮಾವರ್ತಿ ಕೋಷ್ಟಕ" (Periodic Table) ವನ್ನು ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳ ಬಗೆಗಿನ ವಿಚಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ರೂಪಿಸಿದನು. ನಲವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ, ಅಂದರೆ 1913ರಲ್ಲಿ ಇಂಗ್ಲೀಷ್ ಯುವ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮೋಸ್ಲೆಯು ಕ್ರಮಾವರ್ತಿ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳ 'ಅಣುಸಂಖ್ಯೆ' (Atomic Number) ' Z ' ನ ಪರಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅಣುಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಕ್ರಮಾವರ್ತಿಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಅಣುಸಂಖ್ಯೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು ? ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವ ಅಂಶವೆಂದರೆ, ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಎರಡು ಬಗೆಯಿವೆ. ರೇಡಾನ್, ಜಿನಾನ್, ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್, ಆರ್ಗಾನ್ ಮತ್ತು ನಿಯಾನ್‌ಗಳು ಅತೀ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೆ ಅನಿಲಗಳಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳದೇ ಅಣುಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಇತರೆ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಈ ಗುಣಕ್ಕೆ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇತರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನಿಲಗಳಾದ ಅಮೋನಿಯಾ, ಅಸಿಟಲಿನ್, ಇಂಗಾಲದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್, ಮಿಥೇನ್ ಮತ್ತು ಗಂಧಕದ ಡೈ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳ

ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ಅವುಗಳ 'ಅಣು ತೂಕ' (Atomic Weight) ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅವುಗಳ ಕುದಿಬಿಂದುಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ. ಇವೆಲ್ಲವೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತವೆ.

ರೇಡಾನ್, ಜಿನಾನ್, ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಕುದಿಬಿಂದುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಇತರೆ ಅನಿಲಗಳೆಲ್ಲವೂ ಜಡ ಅನಿಲಗಳಾಗಿವೆ. (Inertgases) ಇವನ್ನು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳೆಂದೂ (Noblegases) ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇವು ಯಾವುದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಜಡ ಅನಿಲಗಳು ಅತೀ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕರಣ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಕ್ರಮಾವರ್ತಿ ಕೋಷ್ಟಕದ ಅನ್ವಯ ಎರಡನೇ ಅತೀ ಹಗುರ ಮೂಲ ವಸ್ತುವಾದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವು ಜಡ ಅನಿಲಗಳ ಕೊನೆಯ ಸದಸ್ಯ ಅನಿಲವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ 'ಅಣುಸಂಖ್ಯೆ' ಬೆಲೆಯು ಕೇವಲ Z=2 ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯಕ್ಕಿಂತ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಕುದಿಬಿಂದುವಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ 1890-1900 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಫಲಕಾರಿಯಾಗಲಿಲ್ಲ.

1908ರಲ್ಲಿ ಡಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ ಹೀಲಿಯಂ ಜಡ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದಾಗ, ಇತರರ ಈ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಎದುರಾದ ವೈಫಲ್ಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು. ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂ -268.9$^0$C ವರೆಗೆ ದ್ರವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ದ್ರವೀಕೃತ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ 16 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇದು 4.2$^0$K ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಮೆರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್‌ನ ಅತೀವ ಶ್ರಮಭರಿತ ಪ್ರಯತ್ನದಿಂದಲೂ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವನ್ನು ಘನೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಕಡಿಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವನ್ನು ಈತನು ಕುದಿಸಿದಾಗ ದ್ರವ ಹೀಲಿಯಂ ಹೊಸ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೇ ಪಡೆಯಿತು. ಇದು ಅಚ್ಚಹೊಸ ಮತ್ತು ಅಚ್ಚರಿಭರಿತ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿತ್ತು. ಈ ಅಚ್ಚ ಹೊಸ ಸ್ಥಿತಿಯ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವನ್ನು ಈಗ "ಹೀಲಿಯಂ - II" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮತ್ತು ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು 22$^0$K ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಅಸ್ಥಿತ್ವಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂನ ಘನಸ್ಥಿತಿಯು ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡದಡಿಯಲ್ಲಿ ಅಸ್ಥಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದುದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡದ 25 ರಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದವರೆಗೂ ಇದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ದೃಢಪಟ್ಟಿತು. ಕಟ್ಟಕೊನೆಗೆ 1926ರಲ್ಲಿ ಘನಸ್ಥಿತಿಯ ಹೀಲಿಯಂನ್ನು ಪಿ.ಹೆಚ್. ಕೀಸನ್ ಉತ್ಪಾದಿಸಿದನು. ಈ ಎಲ್ಲಾ ವಿವರಣೆಯೂ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವೀಕರಣದ ಕಥೆ ಮತ್ತು

ಆದರ ಮುಕ್ತಾಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಾಗ್ಯೂ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಇದು ಕಥೆಯ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ.

ಕೃತಿಯು ಪ್ರಧಾನ ವಿಷಯುವಾದ 'ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವ' ವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವಿದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಸಾಹಸಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮಸಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತತೆಯ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳು ತೀವ್ರಾಸಕ್ತಿಯನ್ನು ಭುಗಿಲೆಬ್ಬಿಸಿದವು. ಕೆಲವೊಮ್ಮೆ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಿದವರಿಂದಲೇ ಈ ಪರಿಶೋಧನೆ ಕಾರ್ಯವು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿತ್ತು ಮತ್ತು ಹೊಸ ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದವು. ಸ್ಕಾಟ್‌ಲೆಂಡಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಿಂತ ಮೂರು ವರ್ಷ ಮೊದಲೇ ವಿಲಿಯಂ ಕಲ್ಲೆನ್ - ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಿದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಇಥೈಲ್ ಈಥರನ್ನು ಶೈತ್ಯಗೊಳಿಸುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು.

ಪೊಮೆರೇನಿಯಾದ ವಾನ್‌ಕ್ಲೀಸ್ಟ್, ಮತ್ತು ವಾನ್ ಮುಷೆನ್ ಬ್ರೋಕ್ ಹಾಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಶೇಖರಿಸುವ ಒಂದು ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು. ವಾನ್ ಮುಷೆನ್ ಬ್ರೋಕ್ ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಡೆಸಿದ ಲೆಯ್ಡನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯುದಲ್ಲೇ 166 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಕ್ಯಾಮೆರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. 'ಲೆಯ್ಡನ್ ಜಾಡಿ' (Leydon Jar) ಎಂಬುದು ಒಂದು ಶೇಖರಣಾ ಪಾತ್ರೆಯಾಗಿದ್ದು, ಪ್ರಾರಂಭದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಧಾರಕವಾಗಿತ್ತು. ಇದು ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯಲು ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುತ್ತಿತ್ತು. ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಅದು ಹರಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಯಾವ ಸ್ವರೂಪದ್ದೆಂದು 150 ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ತಿಳಿಯದ ವಿಷಯುವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು. 1750 ರಲ್ಲಿ ಬೆಂಜಮಿನ್ ಫ್ರಾಂಕ್‌ಲಿನ್ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಒಂದು ಬಗೆಯ ದ್ರವ್ಯದ ಪ್ರವಾಹವೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ನಂತರದ 75 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಕರಣದ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಡೆದವು. ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಕ್ಲೋರೀನನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೂರುವರ್ಷಗಳ ಮೊದಲೇ, ಅಂದರೆ 1820 ರಲ್ಲಿ ಡೇನಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಓಯರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಮತ್ತು ನಂತರ ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತತೆಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧವಿದೆಯೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಕಾಂತವನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆಂದು

ಇವರು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. 1830ರ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವು ವಿಲೋಮರೂಪದ್ದೆಂದು ಫ್ಯಾರಡೆಯು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಚಲಿಸುವ ಕಾಂತವು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಇದಕ್ಕೂ ಮಹತ್ವದ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು 1827ರಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನಿಯ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಜಾರ್ಜ್ ಸೈಮನ್ ಓಮ್ ಇಂದಿಗೂ "ಓಮನ ನಿಯಮ" ವೆಂದೇ ಪ್ರಚಲಿತವಿರುವ ನಿಯಮವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. "ತಂತಿಯೊಂದರ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ತಂತಿಯ ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಕ್ಕೆ ನೇರ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ" - ಎಂಬುದು ಈ ನಿಯಮದ ನಿರೂಪವಾಗಿದೆ. ಈ ನಿಯಮದ ಅನ್ವಯ, ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ರಾಶಿಯು (Ratio) ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ದೊರಕಿಸುತ್ತದೆ.

$$\text{ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವ} = R = \frac{V}{I}$$

ಈ ಫಲಿತಾಂಶವು ತೋರಿಕೆಗೆ ಅತಿ ಸರಳವಿದೆ ಎಂಬುದು ಸತ್ಯ. ಜಾರ್ಜ್ ಸೈಮನ್ ಓಮನು ಇದನ್ನು ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿದಾಗ ಯಾರೊಬ್ಬನೂ ಇದನ್ನು ನಂಬಲಿಲ್ಲ. ಜೊತೆಗೆ ಈತನನ್ನು ನಿರ್ದಾಕ್ಷಿಣ್ಯವಾಗಿ ಉಪೇಕ್ಷಿಸಿಲಾಯಿತು. ಹತಾಶನಾದ ಈತನು 'ಕೊಲೊನೆ' ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಹುದ್ದೆಗೆ ರಾಜಿನಾಮೆಯಿತ್ತನು. ಹಲವು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಬಡತನದ ಬೇಗೆಯಲ್ಲಿ ತೊಳಲಾಡಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅಜ್ಞಾತವಾಸವನ್ನೂ ಅನುಭವಿಸಿದನು. ತದನಂತರ ಈತನ ಪರಿಶೋಧನೆಗೆ ನ್ಯಾಯಬದ್ಧ ಮಾನ್ಯತೆಯು ದೊರೆತಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲರ ಗಮನವನ್ನೂ ಸೆಳೆಯಿತು. ಈತನ ನಿಯಮದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯ 14 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಈತನಿಗೆ ಪುರಸ್ಕಾರಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಪಾರಿತೋಷಕಗಳನ್ನೂ ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸತೊಡಗಿದರು.

ಕೃತಿಯ ಪ್ರಧಾನ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಓಮನ ನಿಯಮವು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಆಧುನಿಕವಾಗಿ ಪರಿಶೋಧನೆ ಮಾಡಿರುವ ದ್ರವ್ಯದ (Matter) ರೋಧತ್ವ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವು ಮೊದಲು ಅವಶ್ಯಕವಿದ್ದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲದೆಯೇ ದೊರೆಯಿತು. ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ರೋಧತ್ವವು ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ಅದರ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ನೇರ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವುದು ತೋರಿ ಬಂದಿತು. ಈ ಕಾರಣ, ದ್ರವ್ಯಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವ್ಯಾಪಕ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕ್ವಾರ್ಟ್ಸ್ (Quartz) ಅಥವಾ ರಬ್ಬರ್‌ನ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು

ಪ್ರವಹಿಸಲು ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ 1020 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಾಮ್ರವು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ತನ್ನ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಬಗೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇಕೆ ? - ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಸಹಜವಾಗಿ ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಯಾವ ಭೌತಾಂಶವು ಲೋಹಗಳಂತಹ ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ ? ಯಾವ ಭೌತಾಂಶವು ಅಲೋಹಗಳಂತಹ ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕವಾಗಿಸುತ್ತದೆ ? ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಿಮೆಗೊಂಡಂತೆಲ್ಲಾ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಹೇಗೆ ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುತ್ತದೆ ?

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ 19 ನೇ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪವಾಗಿ ಯುಕ್ತವೆನಿಸುವ ಸಮಜಾಯಿಷಿಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗಿ ಶಾಖವನ್ನು ಅಣುಗಳ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ಚಲನೆ ಅಥವಾ ಸ್ಪಂದನೆಯಲ್ಲದೆ ಬೇರಿನ್ನೇನೂ ಅಲ್ಲವೆಂದು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಯಿತು. ದ್ರವ್ಯಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನೂ, ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಗಳೊಡನೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಚಿಂತನೆಗಳನ್ನೂ ಸಹ ಹೊರತಂದರು.

19 ನೇ ಶತಮಾನದ ಮಹಾಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಜೇಮ್ಸ್ ಕ್ಲರ್ಕ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನಿಂದ ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆ ಮತ್ತು ಆಂಡ್ರೆಮಾರಿ ಆಂಪಿಯರ್ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು 1860 ರಲ್ಲಿ ಸಮಂಜಸವಾದ ಮತ್ತು ಪರಿಪೂರ್ಣವಾದ 'ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ' ಸಿದ್ಧಾಂತವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡಿತು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಹೆಸರಾಂತ ವ್ಯತ್ಯಯ ಜನ್ಯ ಕಲನ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು (Differential Equations) ಘನೀಕರಿಸಿದನು. ಇವುಗಳ ಪ್ರಬುದ್ಧತೆಯೆಷ್ಟಿತ್ತೆಂದರೆ, ಗಮನಿಸಿದ ಎಲ್ಲಾ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸಂಗತಿಗಳು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಚೌಕಟ್ಟಿನೊಳಕ್ಕೆ ಅಡಕಗೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದವು.

ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಆಸ್ಪದಕೊಡುವ ದ್ರವ್ಯಗಳ ಅಂತರ್ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮನವರಿಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳತೊಡಗಿದರು. ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಜಾಳಂದ್ರ (Grid) ರೂಪದಲ್ಲಿ ತ್ರಿವಳಿ ಮಾಪಮಾನಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರು. ಈ

ತ್ರಿವಳಿಮಾಪಮಾನಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಸದರಿ ದ್ರವ್ಯದ ಹರಳಿನ (Crystal) 'ಕಣಪಂಕ್ತಿ' (Lattice) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಅಂತರಾಣು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳಿಂದ ಪರಸ್ಪರ ಬಂಧನಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಹೊಸ ಲೋಕದ ಮಹಾದ್ವಾರವನ್ನು ತೆರೆದ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಬ್ರಿಟೀಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೋಸೆಫ್ ಜಾನ್ ಥಾಮ್ಸನ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೈಜ ಸಾಗಣೆಕಾರಿಯಾದ "ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು" ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು. ಈತನು ಇದನ್ನು ಮೂಲತಃ "ಕಣ" (Corpuscle) ಎಂದು ಕರೆದನಾದರೂ ಬಹು ಬೇಗನೆ ಅದು "ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್" ಎಂದು ಹೆಸರು ಪಡೆಯಿತು. ಎಲ್ಲಾ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೇ ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಅರ್ಥವತ್ತಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ನಾವು ಉತ್ತಮ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ್ದೇವಾದರೂ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ವಿವರಿಸುವಂತಹ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಚಲನೆಗೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಸಮೃದ್ಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರಬೇಕು. ಚಲನೆಗೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು "ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು" (Free electrons) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕವು - ಇಲ್ಲವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದಾದಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಣುಗಳಿಗೆ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಬಂಧಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ.

ಘನಸ್ಥಿತಿಯ ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ನಿಕರವಾದ ಮತ್ತು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಣಿಗೊಂಡಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ತೆರವಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರವಹಿಸಲು ಸುಲಭಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸುಗಮಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಅಣುಗಳ ಇಂತಹ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಘನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನಿಶ್ಚಲ ಅಣುಗಳೊಡನೆ ಸಂಘಟ್ಟನೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಅಣುಗಳಲ್ಲೇನಾದರೂ ಸ್ಪಂದನೆಯಂತಹ ಚಲನೆಯಿದ್ದರೆ, ಅಥವಾ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕ ಕ್ರಮಾಗತಿಯಿಲ್ಲದೆ ಅವು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ತೊಡಕಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಚಲನೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ತೊಡಕುಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ 'ಏಕನೇರಪಲ್ಲಟ' (Drift motion) ದಲ್ಲಿ

ವಿಳಂಬವಾದಂತೆಲ್ಲಾ ದ್ರವ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಹೆಚ್ಚತೊಡಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಅಣುಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಅವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಚೆದುರಿಸುವ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗುತ್ತವೆ(Scattering Centres) ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯದ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಮಾಡುವ ಮೂಲಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ. ಶಾಖವು ಸ್ವೇಚ್ಛಾಚಾರದ ಚಲನೆಯೆಂದು ಮನವರಿಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡಾಗ ಶಾಖವು ಅಣು ಪಂಕ್ತಿಯ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಪಸರಣಗೊಂಡು ಅವು ವಿಶ್ರಾಂತಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಆಜೂಬಾಜಿಗೆ ಸ್ಪಂದಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅಣುಗಳ ಈ ಬಗೆಯ ಸ್ಪಂದನೆಗೆ ಶಾಖವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ 'ಏಕನೇರ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ' ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಿಂದ ದ್ರವ್ಯದ ರೋಧತ್ವವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

1930ರ ವೇಳೆಗಾಗಲೇ ಈ ವಾಸ್ತವಾಂಶವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮನವರಿಕೆಯಾಗಿತ್ತು. ಹೊಸದಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲಿನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಈ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಕ್ಕಾಗಿ ಶ್ರಮಿಸಿದ ಆರ್ನಾಲ್ಡ್ ಸಾಮರ್‌ಫೀಲ್ಡ್, ಫೆಲಿಕ್ಸ್ ಬ್ಲೋಚ್, ರುಡಾಲ್ಫ್ ಪೆರೆಲ್ಸ್ ಮತ್ತಿತರರಿಗೆ ಧನ್ಯವಾದಗಳು ಸಲ್ಲುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನಿರುಪಾಧಿಕ ಸೊನ್ನೆಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಂತೆಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಕಡಿಮೆಗೊಳ್ಳುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಸೂಚಿಸಿದವು. ಇದಕ್ಕೂ ಆಚ್ಚರಿಯ ವಾಸ್ತವ ಪ್ರಸಂಗವು ಪರಿಶೋಧನೆಗೊಂಡಿತು. ಕೆಲವು ದ್ರವ್ಯಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳದೇ ಆದ 'ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ' ಅಥವಾ 'ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶ' (Critical or Transition Temperature) ವಿದ್ದು, ದ್ರವ್ಯಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲುಪಿದಾಗ ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಥಟ್ಟನೆ ಸೊನ್ನೆಗೆ ಬದಲಾಗುವುದನ್ನು, ಅಂದರೆ, ವಸ್ತುವು ರೋಧತ್ವವನ್ನೇ ಹೊಂದಿರದ 'ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ' ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವ ಬಗ್ಗೆ ಏನನ್ನೂ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ದೊರಕಿಸಲಿಲ್ಲ. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ಸಮಜಾಯಿಷಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಮತ್ತೆ 25 ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. ಇದರ ಸವಿಸ್ತಾರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಬೇಕಾದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ರೂವಾರಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಈಗ ತಿಳಿಯೋಣ.

# ಅಧ್ಯಾಯ - ೨

## ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ ಜೀವನ ವೃತ್ತಾಂತ

ನೆದರ್ಲೆಂಡಿನ ಗ್ರೋನಿಂಜೆನ್‌ನಲ್ಲಿ 1853ರ ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ್ 21 ರಂದು ಹೈಕ್ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ (Heike Kamerlingh Onnes) ಜನಿಸಿದನು. ಈತನ ತಂದೆ ಹಾರ್ಮನ್ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ - ಗ್ರೋನಿಂಜೆನ್ ಸಮೀಪದ ಇಟ್ಟಿಗೆ ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಒಡೆಯನಾಗಿದ್ದನು. ಈತನ ತಾಯಿಯು ಅರ್ನ್‌ಹೆಮ್‌ನ "ಅನ್ನಾಗೆರ್ಡಿನಾ ಕೋರ್ಸ್". ಆಕೆಯ ತಂದೆಯು ಒಬ್ಬ ವಾಸ್ತುಶಿಲ್ಪಿ.

ಈತನ ಹುಟ್ಟು ಪಟ್ಟಣವಾದ ಗ್ರೋನಿಂಜೆನ್‌ನ 'ಹೂಗೆರ್‌ಬರ್ಗರ್ ಶಾಲೆ' ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೌಢಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅಧಿಕೃತ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮುಗಿಸಿದನು. ನಂತರದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಲೆಯ್ಡನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಹುದ್ದೆಯಲ್ಲಿ ನಿಯುಕ್ತನಾದ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ವಾನ್‌ಬೆಮೆಲೆನ್ ಆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹೂಗೆರ್‌ಬರ್ಗರ್ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಕನಾಗಿದ್ದನು. ಆ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭಾಷೆಗಳ ಪಠ್ಯಕ್ರಮದ ಬೋಧನೆಯಿರಲಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ ಗ್ರೀಕ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಭಾಷೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗಿ ಕಲಿತನು. 1870 ರಲ್ಲಿ ಈತ ಗ್ರೋನಿಂಜೆನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವನ್ನು ಸೇರಿದನು. ನಂತರದ ವರ್ಷ "ಕ್ಯಾಂಡಿಡೇಟ್" ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದನು. ಇದು ವಿಜ್ಞಾನಪದವಿಗೆ ಸರಿಸುಮಾರು ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿತ್ತು. ಅಕ್ಟೋಬರ್ 1871 ರಿಂದ ಏಪ್ರಿಲ್ 1873 ರವರೆಗೆ ಹೈಡೆಲ್‌ಬರ್ಗ್‌ಗೆ ಹೋಗಿ ಹೆಸರಾಂತ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಬುನ್‌ಸೆನ್ ಮತ್ತು ಕಿರ್ಕಾಫ್‌ರ ಶಿಷ್ಯನಾದನು. ತದನಂತರ ಗ್ರೋನಿಂಜೆನ್‌ಗೆ ಈತನು ವಾಪಸಾದನು ಮತ್ತು 1878 ರಲ್ಲಿ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಗೆ ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮಾನತೆ ಹೊಂದಿದ್ದ "ಡಾಕ್ಟೊರಲ್" (ಸಂಶೋಧನಾ ಪರಿಣತ) ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೇರ್ಗಡೆಯಾದನು. "ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತು ಚಲನೆಗೆ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳು" ಎಂಬ ಈತನ ಮಹಾಪ್ರಬಂಧಕ್ಕೆ 1879 ರಲ್ಲಿ 'ಡಾಕ್ಟೊರೇಟ್' ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದನು. ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ, ಅಂದರೆ 1878 ರಲ್ಲಿ 'ಡೆಲ್ಫ್' ನ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ 'ಬೋಸ್‌ಚಾ' ಸಹಾಯಕ ಹುದ್ದೆಯನ್ನು ಪಡೆದನು. 1881 ಮತ್ತು 1882 ರಲ್ಲಿ ಉಪನ್ಯಾಸಕನಾಗಿಯೂ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಿದನು. ಆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮತ್ತು ವಾಯುಮಾನ ಶಾಸ್ತ್ರದ (Meteorology) ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಲೆಯ್ಡನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ನೇಮಕಗೊಂಡನು. ಆ ಹಿಂದೆ ರಿಜ್ಕೆಯು ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದ್ದನು.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸುವ ಪ್ರತಿಭೆಯನ್ನು ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ 1871 ರಲ್ಲಿಯೇ, ಅಂದರೆ ಈತನ ಹದಿನೆಂಟನೇ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲೇ ತೋರಿದನು. 'ಯುಟ್ರೆಚ್' (Utrecht) ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೋಧಕ ವರ್ಗವು ಪ್ರಾಯೋಜಿಸಿದ್ದ ಸ್ಪರ್ಧೆಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಈತನು ಚಿನ್ನದ ಪದಕವನ್ನು ಪಡೆದು ಸನ್ಮಾನಿತನಾದನು. ನಂತರದ ವರ್ಷ ಗ್ರೋನಿಂಜೆನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯುವು ಪ್ರಾಯೋಜಿಸಿದ್ದ ಇದೇ ಬಗೆಯ ಸ್ಪರ್ಧೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪದಕವನ್ನು ಪಡೆದನು. ರಾಬರ್ಟ್ ಕಿರ್ಕಾಫ್ (Kirchhoff) ನ ಸಹಾಯಕನಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾಗ "ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣ ಪಟು" ಎಂಬ ಸ್ಪರ್ಧೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜೇತನಾಗುವ ಮೂಲಕ ಕಿರ್ಕಾಫ್‌ನ ಇಬ್ಬರು ಸಹಾಯಕರ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅರ್ಹನಾದನು.

ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತು ಚಲನೆಯನ್ನು ದೃಢೀಕರಿಸಲು ಅತಿ ಸರಳರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಂಗತಿಗಳ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಗತಿಯಾಗಿ ಫೂಕೋಲ್ಟ್‌ನ ಹೆಸರಾಂತ ಲೋಲಕ (Pendulum) ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದೆಂದು ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯವಾಗಿ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ದೃಢೀಕರಿಸಿದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಈತನ ಡಾಕ್ಟೊರಲ್ ಮಹಾ ಪ್ರಬಂಧವು ಒಳಗೊಂಡಿತ್ತು. "ದ್ರವಗಳ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ" ವೆಂಬ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಪ್ರಬಂಧವೊಂದನ್ನು 1881 ರಲ್ಲಿ ಈತನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಚಲನೆ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಗಳತ್ತ ಓಸರಿಸುವ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಈ ಪ್ರಬಂಧವು ಒಳಗೊಂಡಿತ್ತು. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಈತನು ಜೀವಿತವಿಡೀ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡ "ಅತೀ ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿನ ದ್ರವ್ಯಗುಣಗಳ ಪರಿಶೋಧನೆಯ ಪ್ರಾರಂಭಕಾರ್ಯ" ವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಈತನ ಇಡೀ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜೀವನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಳತೆಕಾರ್ಯದ ಮಾನ್ಯತೆಯನ್ನು ಪ್ರಶಂಸಿಸುವ ಅಂಶವನ್ನು "ಅಳತೆಯ ಮೂಲಕ ಜ್ಞಾನ" ಎಂಬ ತಲೆಬರಹದ ಉದ್ಘಾಟನಾ ಭಾಷಣವನ್ನು "ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಪರಿಶೋಧನೆಯ ಮಹತ್ವ" ಎಂಬ ವಿಚಾರ ಸಂಕಿರಣವನ್ನು ಹೊರತಂದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಧ್ಯೇಯೋದ್ದೇಶದ ಬಗ್ಗೆ ಈತನು ಮಾತನಾಡಿದನು.

ಲೆಯ್ಡನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಹುದ್ದೆಗೆ ಈತನು ನೇಮಕಗೊಂಡ ಮೇಲೆ ಅಲ್ಲಿನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯುವನ್ನು ಮರು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸಿದನು. ಆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವನ್ನು ಈಗ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್

ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವೆಂದೇ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ತಾನು ರೂಪಿಸಿಕೊಂಡ ಕಾರ್ಯ ಯೋಜನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವನ್ನು ಮರುವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸಿದನು. ಈತನ ಸ್ವದೇಶೀಯರೇ ಆದ ಇಬ್ಬರು ಮಹಾವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ಸ್ ಮತ್ತು ಹೆಚ್.ಎ. ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸ್ಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಆಧರಿಸಿ ಈತನು ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿದ್ದನು. ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ, ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಶಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಗಳ ನಡವಳಿಕೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವ "ಶೈತ್ಯೀಕರಣ ಶಾಸ್ತ್ರ" (Cryogenics) ದ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವ ಆಸಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದ್ದನು. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಮಾನ್ಯವಾಗುವ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ ಅನಿಲನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಡುವ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಈತನು ದೃಢೀಕರಿಸಲು ಇದು ಅವಶ್ಯಕವಿತ್ತು. ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಈತನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ಫಲವಾಗಿ 1908 ರಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ಸು ಸಾಧಿಸಿದನು. ಹೀಲಿಯಂನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು $0.9^{0}$K ನಷ್ಟು ಕೆಳಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮುಟ್ಟಿಸುವ ಮೂಲಕ ಅಂದಿನವರೆಗೆ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯವಾಗಿ ಮಾತ್ರವೇ ಸಾಧಿಸಿದ್ದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ $O^{0}$K ಗೆ ನಿಕಟವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಈತನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಈ ಕಾರಣ, "ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಇತರೆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿದ್ದ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಲೆಯ್ಡನ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿದೆ" ಎಂಬ ಹೇಳಿಕೆಗೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ನಿದರ್ಶನವೊದಗಿಸಿದನು. ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಮೇಲಿನ ಈತನ ಈ ಅಧ್ಯಯನಗಳಿಗೆ 1913 ರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಅಧ್ಯಯನದ ಫಲವಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಈತನು ಕಂಡು ಕೊಂಡ ಬಗೆಯನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗುವುದು. ನಂತರದ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಈತನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೇ ಆದ ಕೀಸಮ್ ಮತ್ತು ಡಿಹಾಸ್ ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ $O^{0}$K ಗೆ ಮತ್ತಷ್ಟು ನಿಕಟವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಡಿಹಾಸ್ ಎಂಬುವನು ಹೆಸರಾಂತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಹೆಚ್.ಎ. ಲೊರೆಂಟ್ಸ್‌ನ ಅಳಿಯ.

ಜೌಲ್ - ಕೆಲ್ವಿನ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ವಿಧಾನದಿಂದ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ 1908 ರಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಹೀಲಿಯಂನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದನು. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಖ್ಯಾತಿಯನ್ನು ಮತ್ತು ಮಾನ್ಯತೆಯನ್ನು ತಂದುಕೊಟ್ಟ ಈತನ ಇತರೆ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಉಷ್ಣ ಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರ, 'ಸ್ವಯಂ ಪ್ರೇರಿತ ವಿಕಿರಣ

ಕ್ರಿಯಾ ನಿಯಮ' (Radioactivity law) ದೃಗ್‌ವಿಸರಣಾ (Optical), ಕಾಂತೀಯ (Magnetic) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದೀಯ (Electric) ಪ್ರಸಂಗಗಳ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದವು. 'ಶಕ್ತಿಗುಂದಿತ ಪ್ರಕಾಶೋತ್ಪಾದನೆ' (Fluorescence) ಮತ್ತು 'ವಿಳಂಬಿತ ಪ್ರಕಾಶೋತ್ಪಾದನೆ' (Phosphorescence) ಬಗೆಗಿನ ಅಧ್ಯಯನ, ಕಾಂತೀಯವಾಗಿ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಸಮತಲದ ಹೊರಳುವಿಕೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದ ಹರಳುಗಳ ಹೀರಿಕೆ ವರ್ಣಪಟ್ಟಿ (Absorption Spectrum), ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮ (Hall Effect), ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಸ್ಥಿರಾಂಕ (Dielectric Constant), ಮತ್ತು ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿ ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಈತ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದನು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುತ್ತಾ ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಸಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ನಿರತನಾಗಿದ್ದ ಈತನು 1911 ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಕೊಂಡ ಕ್ಷಣಿಕ ಪ್ರಸಂಗದ ಪರಿಶೋಧನೆಯೇ ಶುದ್ಧ ಲೋಹಗಳ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಗೆ ಈತನು ಶುದ್ಧ ಪಾದರಸ (Mercury), ತವರ ಮತ್ತು ಸೀಸ (Lead) ಗಳನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದನು. ಈ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲದೆಯೇ ಲೋಹದ ಬಳೆಗಳ ಮೂಲಕ ನಿರಂತರ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದನ್ನು ಈತನು ಗಮನಿಸಿದನು. ದ್ರವ ಹೀಲಿಯಂ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಈ ಶುದ್ಧ ಲೋಹಗಳು ತಮ್ಮೆಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆಂದು ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು. ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವಾಗ ಅದು ಸೊನ್ನೆ ಬೆಲೆಯಾಗುವುದನ್ನು ಕಂಡು ಬಹುಷಃ "ವಿದ್ಯುತ್ ಪಥದ ಅಪಸಂಪರ್ಕ" (Short Circuit) ದಿಂದ ಹೀಗಾಗಿರಬಹುದೆಂದು ಅನುಮಾನಗೊಂಡನು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತಾ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ವಾಹಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ವಿಷಮ ಅಥವಾ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ (Transition Temperature, Tc) ಮತ್ತು ಅದರ ಕೆಳಗಿನ ಬೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಸೊನ್ನೆಯಾಗುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದನು. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಅಚ್ಚರಿ ಭರಿತ ಹೊಸ ಪ್ರಸಂಗವೆಂದು ತಿಳಿದನು. ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಗಾಗಿ ಮತ್ತು ದ್ರವಹೀಲಿಯಂ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿಧಾನದ ಈತನ ಪರಿಶೋಧನೆಗಾಗಿ 1913 ರಲ್ಲಿ ಈತನಿಗೆ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಗಿಲ್ಲಿಸ್ ಹೋಸ್ಟ್ (Gilles Holst) ಈತನ ಸಹಾಯಕನಾಗಿದ್ದನು.

"ಆಮ್‌ಸ್ಟರ್‌ಡ್ಯಾಮ್‌ನ ರಾಯಲ್ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ನಡವಳಿಕೆಗಳು"

ಎಂಬ ನಿಯತಕಾಲಿಕದಲ್ಲಿ ಈತನ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಪ್ರಕಟಗೊಂಡವು. "ಜೊಹಾನ್ಸ್ ವಾಂಡರ್ ವಾಲ್ಸ್‌ನ ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತನಾಗಿ ಈತನು ದ್ರವ್ಯಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಿಷ್ಪನ್ನಗೊಳಿಸಿದನು. ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವಿಸ್ತಾರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರವಗಳ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಉಷ್ಣ ಬಲಕ್ರಿಯಾ ಗುಣಗಳನ್ನು ಈತನು ಅಭ್ಯಸಿಸಿದನು. ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಪಡಿಸಿದ ಜಲಜನಕದ ದ್ರವೀಕರಣ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವ ಮೂಲಕ ಈತನು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು. ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವನ್ನು ಘನೀಕರಿಸುವ ನಂತರದ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಈತನು ವಿಫಲನಾದರೂ ಈತನ ಶಿಷ್ಯ ಮತ್ತು ಈತನ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಉತ್ತರಾಧಿಕಾರಿಯಾದ ವಿಲ್ಹೆಮ್ ಹೆಂಡ್ರಿಕ್ ಕೀಸಂ 1926 ರಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವನ್ನು ಘನೀಕರಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು" - ಎಂಬ ಅಂಶಗಳು ಇದರಿಂದ ದೊರಕುತ್ತವೆ. ಲೆಯ್ಡನ್‌ನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ಸಂಪರ್ಕ ಪತ್ರಿಕೆಯಲ್ಲೂ ಕೆಲವು ಪರಿಶೋಧನಾ ಪ್ರಬಂಧಗಳು ಪ್ರಕಟಗೊಂಡವು. ದೀರ್ಘಾವಧಿಗೆ ಅಥವಾ ಅಲ್ಪಾವಧಿಗೆ ಈತನ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪರಿಶೋಧನೆ ನಡೆಸಲು ಹಲವಾರು ವಿದೇಶೀ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಲೆಯ್ಡನ್‌ಗೆ ಬಂದು ಹೋದರು. ಆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಉಪಕರಣ ತಯಾರಕರು ಮತ್ತು ಉಪಕರಣ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವವರ ತರಬೇತಿ ಶಾಲೆಯನ್ನು ತೆರೆದು, ತರಬೇತಿ ಪಡೆದವರಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಉಪಕರಣ ತಯಾರಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ನಿಯೋಜಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಮೂಲಕ ಈ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವು ವಿಶ್ವದಲ್ಲೇ ಖ್ಯಾತಿ ಪಡೆಯಿತು. ಈ ತರಬೇತಿ ಶಾಲೆಯನ್ನು ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ 1901 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದ್ದನು.

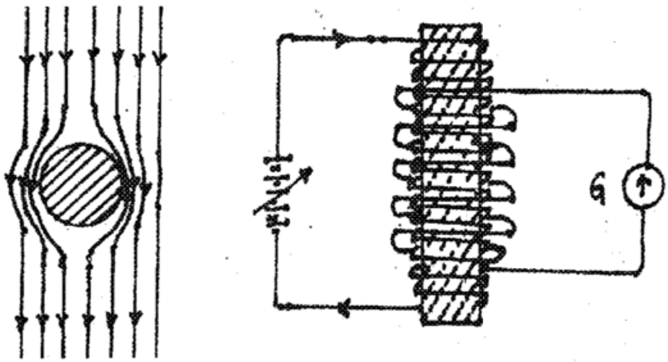
ಆಮ್‌ಸ್ಟರ್ ಡ್ಯಾಮ್ ರಾಯಲ್ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಗೆ ಈತನ 20ನೇ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಸದಸ್ಯನಾಗಿ ನೇಮಕಗೊಂಡನು. ನೆದರ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್ ಕೇಸರಿಗಳ ಗುಂಪಿನ, ನೆದರ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್‌ನ ಕಿತ್ತಳೆ - ನ್ಯಾಸೊ ಸಮೂಹದ, ನಾರ್ವೆಯ ಸೆಂಟ್ ಒಲಾಫ್‌ನ ಸಮೂಹದ, ಪೋಲೆಂಡ್‌ನ ಪೊಲೋನಿಯಂ ರೆಸ್ಟಿಟೂಟ್ ಸಮೂಹದ ದಳಪತಿಯಾಗಿದ್ದನು. ಮೆಟ್ಯೂಸಿ ಪಾರಿತೋಷಕ, ರಂಫರ್ಡ್ ಪಾರಿತೋಷಕ, ಬಾಮ್‌ಗಾರ್ಟನ್ ಪ್ರೇಸ್ ಮತ್ತು ಫ್ರಾಂಕ್‌ಲಿನ್ ಪಾರಿತೋಷಕಗಳನ್ನು ಈತನಿಗೆ ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸಲಾಯಿತು. ಮಾಸ್ಕೊ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆಳೆಯರ ಸಂಘದ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. ಕೋಪನ್ ಹೇಗನ್‌ನ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ಉಪ್ಸಲಾ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ಗಟಿಂಜನ್ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ವಿಯೆನ್ನಾ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ಟುರಿನ್ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಮತ್ತು ಹಾಲೆ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್

ಸಭೆಯ ಸದಸ್ಯನೂ ಆಗಿದ್ದನು. ಪ್ಯಾರೀಸ್ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ವಿದೇಶೀ ಸಹಯೋಗಿ (Associate) ಸದಸ್ಯನಾಗಿಯೂ, ರೋಮ್‌ನ ಲಿನ್‌ಸಿ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಮತ್ತು ಲಂಡನ್ನಿನ ರಾಯಲ್ ಸಮಾಜದ ವಿದೇಶಿ ಸದಸ್ಯನಾಗಿಯೂ ಇದ್ದನು. ಸ್ಟಾಕ್‌ಹೋಮ್ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಮಾಜದ, ಲಂಡನ್ನಿನ ರಾಯಲ್ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯ (Institute), ಮೊಡ್ರಿಡ್‌ನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಮಾಜದ ಮತ್ತು ಫಿಲಡೆಲ್ಫಿಯಾದ ಫ್ರಾಂಕ್ಲಿನ್ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಗೌರವ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. ಈತನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಗೆ ಹೊರತೆಂಬಂತೆ ಈತನ ಕೌಟುಂಬಿಕ ಜೀವನವು ರಂಜನೀಯವಾಗಿತ್ತು. ಯಾರೇ ಸಹಾಯಹಸ್ತವನ್ನು ಯಾಚಿಸಿದರೂ ಆದ್ಯತೆ ಕೊಡುತ್ತಿದ್ದನು. ಈತನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕಾರ್ಯವೇ ಈತನ ಕುಶಲ ಕಲೆಯಾಗಿದ್ದರೂ ಪರಿಪಕ್ವ ವಿದ್ವಾಂಸ ಪಟ್ಟದಿಂದ ದೂರವಿರುತ್ತಿದ್ದನು. ಅತೀವ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಅಭಿರುಚಿಯ ಮತ್ತು ತನ್ನಂತೆ ಇತರರನ್ನು ಬಗೆಯುವ ಈತನು ಮೊದಲ ಮಹಾಯುದ್ಧಕ್ಕೆ ಮುನ್ನ ಮತ್ತು ಯುದ್ಧಾನಂತರ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ನಡುವೆಯೇರ್ಪಟ್ಟ ರಾಜಕೀಯ ತಾರತಮ್ಯಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ಮತ್ತು ಬರಪೀಡಿತ ದೇಶಗಳ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಆಹಾರ ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಈತನು ಅಹರ್ನಿಶಿ ಶ್ರಮಿಸಿದನು.

ಈತನು 1887 ರಲ್ಲಿ ಮಾರಿಯಾ ಆಡ್ರಿಯಾನಾ ಮಿಲ್ಹೆಮಿನಾ ಎಲಿಜಬೆತ್ ಬಿಜ್‌ಲೆವೆಲ್ಡ್‌ಳನ್ನು ವಿವಾಹವಾದನು. ಈ ಸಾಧ್ವಿಮಡದಿಯು ಈತನ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವಿರತವಾಗಿ ಸಹಭಾಗಿಯಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದಳು. ಮನೆಯನ್ನು 'ಸೌಹಾರ್ದಭರಿತ ಗೃಹ' ವೆಂದು ಹೆಸರು ಪಡೆಯುವಂತೆ ನಿಭಾಯಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋದಳು. ಈ ದಂಪತಿಗಳಿಗೆ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಎಂಬ ಒಬ್ಬ ಮಗನಿದ್ದನು. ಹೇಗ್‌ನಲ್ಲಿ ಈತನು ಶ್ರೇಷ್ಠ ದರ್ಜೆಯ ನಾಗರೀಕ ಸೇವಾಧಿಕಾರಿಯಾದನು.

ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್‌ನ ಆರೋಗ್ಯವು ಯಾವಾಗಲೂ ಅತಂತ್ರ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ನಿಕಟವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿತ್ತು. ಕೆಲವು ದಿನಗಳ ಖಾಯಿಲೆಯ ನಂತರ 1926ರ ಫೆಬ್ರವರಿ 26 ರಂದು ಲೆಯ್ಡನ್‌ನಲ್ಲಿ ಈತನು ಕೊನೆಯುಸಿರೆಳೆದನು.

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಗುಣವು ಒಂದು ಸ್ವಭಾವವಾದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಆದರ್ಶ ಅಡ್ಡಕಾಂತತೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ : 3 ಮೀಸ್ನೆರ್ ಪ್ರಯೋಗ

ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಹೊರಪಾತಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರಣೆಗೊಂಡು ಅದು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಂತಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿಕರ್ಷಿಸಿ, ಅವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ನುಸುಳದಂತೆ ಪ್ರತಿಬಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಿಂದ ಪ್ರೇರಣೆಗೊಂಡ ಕಾಂತತ್ವವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಂತ ಪ್ರಖರತೆಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$M = -H$$

ಮೀಸ್ನೆರ್ ಮತ್ತು ಓಶ್ಚೆನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸರಣಿಯನ್ನೇ ಕೈಗೊಂಡು ಕೆಳಕಂಡ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಪಡೆದರು. ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದಬಲ್ಲ ಸಾಧಾರಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಾಹಕ ದ್ರವ್ಯದ ಘನ ವರ್ತುಲನಾಳಿ (Cylinder) ಯನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರಿಸಿದಾಗ ದ್ರವ್ಯದ 'ಕಾಂತರೇಖಾ ಪ್ರವೇಶ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ' (Permeability) ಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳು ನುಸುಳಿಹೋಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ಸುತ್ತ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮತ್ತು ಮಾಧ್ಯಮಿಕ (Primary and Secondary) ಸುರುಳಿಗಳನ್ನು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಸುತ್ತಿ,

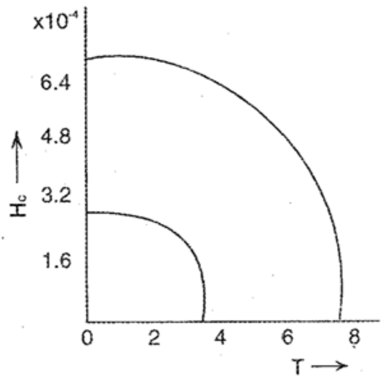
ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯ ತುದಿಗಳನ್ನು ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು (Direct current) ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (Cell) ಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಿಸಿ ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯ ಒಳಭಾಗ ಮತ್ತು ಹೊರ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ. ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಸುರುಳಿಯ ಕೊನೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕವೊಂದಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಸುರುಳಿಯು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಕಾಂತಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ತುಂಡರಿಸುವುದರಿಂದ ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ಮುಂದುವರಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಸುರುಳಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗುವ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಿಸುವ ಸನ್ನಾಹ ನಡೆಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ನಿರಂತರ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿರುವ ತನಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಸೂಚಕ (Pointer) ವನ್ನು ಪಲ್ಲಟಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಸ್ಥಿರ ಪ್ರಖರತೆಯುಂಟು ಮಾಡುವಾಗ ಅಥವಾ ಬಲರೇಖೆಗಳೇ ಇಲ್ಲದಾದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕದ ಸೂಚಕವು ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಘನವರ್ತುಲನಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅದರ ದ್ರವ್ಯದ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶ Tc ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸತತ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು Tc ಯನ್ನು ತಲುಪಿದ ಕೂಡಲೇ ಸಾಮಾನ್ಯಸ್ಥಿತಿಯ ವಾಹಕವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಗೊಂಡಾಕ್ಷಣ ಅದರೊಳಗೆ ನುಸುಳಿ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡುವ ಮೂಲಕ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಥಟ್ಟನೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕದ ಸೂಚಕವು ಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಘನವರ್ತುಲ ನಾಳಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಥಟ್ಟನೆ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದಿದಾಗ ಕಾಂತಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡುವ ಮೂಲಕ ಆದರ್ಶ ಅಡ್ಡಕಾಂತ ಗುಣವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು Tc ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಿಸಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಒಂದು ನಿರ್ಧಿಷ್ಟ ಬೆಲೆಯ ಕಾಂತಪ್ರಖರತೆಯವರೆಗೆ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಆದರ್ಶ ಅಡ್ಡಕಾಂತಗುಣವನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯು ದ್ರವ್ಯದ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶ Tc ಯನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತದೆ. ವಾಹಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು

ಬದಲಾದ Tc ಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಜಾಸ್ತಿಯಾದ ಕೂಡಲೇ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಹಕವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸದರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಿಸುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯನ್ನು "ವಿಷಮ" ಅಥವಾ "ವರ್ಗಾವಣೆ" ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (Hc) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲೆ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧದ ಅನ್ವಯ ಆವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$Hc\,(T) = Hc\,(0)\ [\,1 - (T / Tc)^2\,]$$

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು Tc ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದಾಗ ಆದರ ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಇದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. $0.01^0$K ಪ್ರಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಯೇ ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು Tc ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಆದರ ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಖರತೆಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. $0^0$K ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ Hc ಯ ಬೆಲೆಯು ಗರಿಷ್ಠ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ತವರ ಮತ್ತು ಸೀಸಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು Tc ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ Hc ಯ ಬೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗುವುದನ್ನು ರೇಖಾ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಹೀಗೆ Hc ಮತ್ತು Tc ಗಳೆರಡೂ ಸೇರಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ವರ್ಗಾವಣಾ ಗಡಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಗಡಿಯ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಗಡಿಯ ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯಿರುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ : 4 ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ Tc ವ್ಯತ್ಯಯ

ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಮೂರು ಅತಿಮುಖ್ಯ ಘಟಕಗಳಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟ ಪಡಿಸುತ್ತಾರೆ. ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ Tc, ವಿಷಮ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆ (Hc)

ಮತ್ತು ವಿಷಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ (Jc) ಗಳೇ ಈ ಮೂರು ಅತಿಮುಖ್ಯ ಘಟಕಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂರು ಘಟಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಘಟಕವು ಉಳಿದ ಎರಡು ಘಟಕಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಈ ಮೂರು ಘಟಕಗಳ ಬೆಲೆಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಇರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. $O^0K$ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ Hc ಮತ್ತು Jc ಬೆಲೆಗಳು ಗರಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತವೆ. Hc ಮತ್ತು Jc ಬೆಲೆಗಳು ಸೊನ್ನೆಯಾಗಿರುವಾಗ Tc ಬೆಲೆಯು ಗರಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಮೂರು ಘಟಕಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ

$$Jc = 2\pi r.\ Hc = 2\pi r.\ Hc(0)[1 - (T/Tc)^2]$$

ಸಂಬಂಧದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ತ್ರಿವಳಿ ಮಾಪನಾ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಎಳೆದಾಗ ಅದು ವರ್ಗಾವಣಾ ಪಾತಳಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪಾತಳಿಯ ಒಳವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯೇರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಹೊರವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಸ್ಥಿತಿಯೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯಕ್ಕೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಡುವ ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಬಹುತೇಕ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬಳಕೆಗೆ ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಯುಳ್ಳ ವಾಹಕವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಉಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಗೊಡಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವೆನಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೆಚ್ಚಿನ ಬೆಲೆಯ Hc ಮತ್ತು Jc ಘಟಕಗಳು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ "ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ನಿಯತಾಂಕ" ಗಳ (Parameters) ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿದ್ದು, ಈ ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ನಿಯತಾಂಕಗಳು ಶಕ್ತಿ ವ್ಯಯದ ಮಿತೀಕರಣಕ್ಕೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ. ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ 'ನುಸುಳಿಕೆಯ ಆಳ' (Penetrating depth) ಮತ್ತು ಸಂಸಕ್ತತೆ ಉದ್ದ (Coherent length) - ಈ ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿವೆ. ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಯ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿ ಮತ್ತು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ಪಾತಳಿಯೊಂದು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ಪಾತಳಿಯ ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳು ವಾಹಕವನ್ನು ನುಸುಳುತ್ತವೆ. ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ಪಾತಳಿಯ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟವುಂಟುಮಾಡದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುತ್ತದೆ. ಕಾಂತರೇಖೆಗಳು ಹೊರ ಪಾತಳಿಯಿಂದ ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ಪಾತಳಿಯವರೆಗೆ ನುಸುಳುವುದರಿಂದ ಈ ಪಾತಳಿಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವು 'ನುಸುಳಿಕೆ ಆಳ' ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

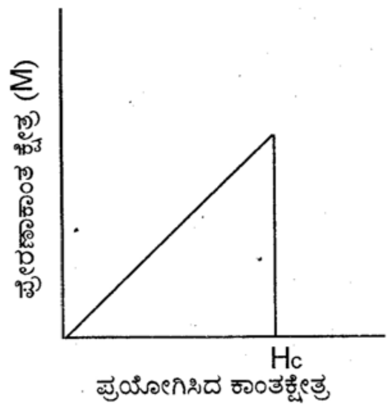
ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು 'ಸಂಸಕ್ತ ವ್ಯಾಪ್ತಿ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ನುಸುಳಿಕೆಯ ಆಳ ಮತ್ತು 'ಸಂಸಕ್ತ ವ್ಯಾಪ್ತಿ' ಗಳ ರಾಶಿಯನ್ನು 'ಗಿನ್ಸ್‌ಬರ್ಗ್-ಲ್ಯಾಂಡೋ ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ನಿಯತಾಂಕ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇದರ ಬೆಲೆಯು 0.7 ಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿಯಿರುವ ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಯು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೊರದೂಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಯು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ "ಸುಳಿಗಳ" (Vortices) ಮೂಲಕ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಹೊನಲು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ನುಸುಳುತ್ತವೆ. ಸುಳಿಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವಗಳು (Magnetic Moments) ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ಕ್ರಮಾಗತವಾಗಿ 'ಹೊನಲಗಂತಿ' ಗಳ (Fluxons) ಪಂಕ್ತಿಗಳಾಗಿ ಸಜ್ಜುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಯು $H_{c1}$ ಮತ್ತು $H_{c2}$ ಬೆಲೆಗಳ ಮಧ್ಯಂತರ ಬೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಆಸ್ಪದಕೊಡುತ್ತದೆ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳೇನಾದರೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯಬಿಡಬೇಕಾದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಈ ಸುಳಿಗಳು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಉಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅಚಲವಾಗಿರುವುದು ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸುಳಿಗಳ ಚಲನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡುತ್ತದೆ. ಕಣ ಪಂಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮಲಿನ ಕಣಗಳು ಸೇರ್ಪಡೆಯಾಗಿರುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಮಲಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಮಾಡಿರುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕಣದ ಅಂಶಿಕ ಭಾಗ ಮಾತ್ರವೇ ಇರುವ ಕಡೆ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ "ಭಗ್ನತೆ ಬಿಂದು." (Defective point) ಗಳು ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸುಳಿಗಳನ್ನು ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಬಹುದು. 'ವಿಕಿರಣ ಭಗ್ನತೆ' (Radiative Destruction) ಅಥವಾ ಮಲಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿಸುವ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸುಳಿಗಳನ್ನು ಅವಶ್ಯಕ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲಗೊಳಿಸಬಹುದು.

ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಡುವಿನ ವರ್ಗಾವಣೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಥವಾ ಅಂಶಿಕವಾಗಿ ವಾಹಕ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಎರಡು ಬಗೆಯಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

1) ನಮೂನೆ - 1 ರ ಅಥವಾ 'ಮೆದು' ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು
(Type - I or 'Soft' Superconductors)

2) ನಮೂನೆ - 2 ರ ಅಥವಾ 'ಗಡುಸು' ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು
(Type - II or 'Hard' superconductors)

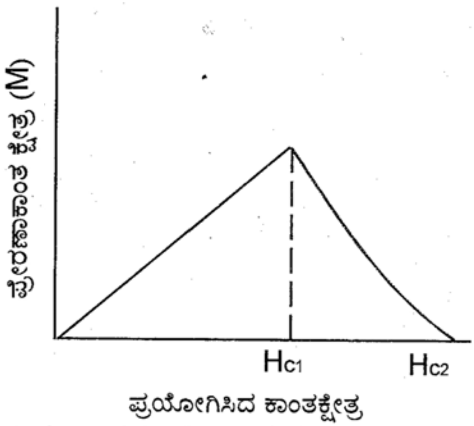
ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಗುಣವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಲೋಹಗಳಾದ ಸೀಸ, ಪಾದರಸ, ತವರ - ಇವನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಶುದ್ಧಗೊಳಿಸಿದಾಗ 'ಮೆದು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ' ಗುಣವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಇವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅತಿ ತೀಕ್ಷ್ಣ ಬದಲಾವಣೆಯ ಮೂಲಕ ಇವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇವು ಆದರ್ಶ ಅಡ್ಡಕಾಂತಗಳೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಇವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ $H_c$ ಮತ್ತು $J_c$ ಗಳ ಏಕಮಾತ್ರ ಬೆಲೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳ-ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸ್ಥಿತಿಯು ಹಠಾತ್ತನೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅತೀ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಈ ಬಗೆಯು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಕಾಂತಗಳಾಗಿ ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ಪ್ರಬಲ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವೆನಿಸಿದ ಸೀಸವು $H = 0.08$ ಟೆಸ್ಲಾ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ (1 ಟೆಸ್ಲಾ $=10^4$ ಗಾಸ್‌ಗಳು). ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯು $5 \times 10^{-5}$ ಟೆಸ್ಲಾ ಮಾತ್ರವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.




ಚಿತ್ರ : 5 ನಮೂನೆ - 1 ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ

ಮೆದು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಮೇಲುಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬಾಣಲೆ ಆಕಾರದ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ತುಣುಕು ಕಾಂತವೊಂದನ್ನಿರಿಸಿದಾಗ ಅದು ತೇಲು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸವಾರಿಮಾಡುತ್ತದೆ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಅಡ್ಡಕಾಂತ ಬಲವೂ ಮತ್ತು ತೇಲುಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕಾಂತದ ಬಲವೂ ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಿಸಿ ಸಮತೋಲನೆ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನಿರಿಂದ್ರೀಯ ಅಲೋಹ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಾದ $YBa_2Cu_3O_7$ ಮತ್ತು $Bi_2CaSr_2Cu_2O_7$ ಗಳು ಗಡುಸು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದಾಗ ವಿಷಮ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ $H_{c1}$ ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಆದರ್ಶ




ಚಿತ್ರ : 6 ನಮೂನೆ - 2 ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ

ಅಡ್ಡಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅದು ಎಲ್ಲಾ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನೂ ಹೊರದೂಡುತ್ತದೆ. $H_{c1}$ ಮತ್ತು $H_{c2}$ ಬೆಲೆಗಳ ನಡುವಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಬಲರೇಖೆಗಳು ವಾಹಕದ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರದ ಮೂಲಕ ನುಸುಳಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತವೆ. ಬಲರೇಖೆಗಳು ನುಸುಳಿದ ಭಾಗವು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ ಭಾಗವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಲೋಹಗಳ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಲೋಹಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. $H_{c2}$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ

ವಾಹಕದ ಇಡೀ ಗಾತ್ರದ ಮೂಲಕ ಬಲರೇಖೆಗಳು ನುಸುಳಿ ವಾಹಕವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ Hc ಬೆಲೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯು $H = -4\pi M$ ಸಂಬಂಧಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು (Magnetic Moment) ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರೇರಣಾ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯೊಡನೆ ಸರಳ ಬದಲಾವಣೆಗೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಮೇಲಿನ ರೇಖಾ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಮೆದು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಗೆ Hc ಬೆಲೆಯು ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಹುತೇಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಗಡುಸು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಗೆ Hc2 ಬೆಲೆಯು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, $YBa_2Cu_3O_7$ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಕ್ಕೆ Hc2 = 100 ಟೆಸ್ಲಾ ಬೆಲೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಮೀಸ್ನರ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಗಡುಸು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳೂ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿವೆ.

ಸಮೆರಿಯಂ - ಕೋಬಾಲ್ಟ್‌ನಿಂದಾದ ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಕ್ಕೆ 0.06 ಟೆಸ್ಲಾ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿದ್ದು, $YBa_2Cu_3O_7$ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಕ್ಕೆ Hc1 ಬೆಲೆಯು 0.02 ಟೆಸ್ಲಾಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಮೀಸ್ನರ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಇವುಗಳಿಂದ ವಿವರಿಸುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಶಾಶ್ವತಕಾಂತದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಮಿಶ್ರಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹರಳ ಅಣು ಪಂಕ್ತಿಯ ಅಂಶಿಕಕಣಗಳನ್ನು (Grains) ಒಳಗೊಂಡ ಹೊರಪಾತಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಹರಳ ಅಣು ಪಂಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ದೋಷಪೂರಿತ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಸೆರೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ 'ಹೊನಲಿನ ನಾಟುವಿಕೆ' (Flux pinning) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಲ್ಲಿ ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತದ ತುಣುಕನ್ನು ನಿಲಂಬಿತಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಮಿಶ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದಾಗಿ ಕಾಂತವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ದೂರದಲ್ಲಿ ನಿಲಂಬಿತಗೊಳ್ಳದೆ ವಾಹಕಕ್ಕೆ ನಿಕಟವಾಗಿಯೇ ತೇಲು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

1911 ರ ನಂತರದ 15 ವರ್ಷಗಳವರೆಗಿನ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಯಾವುದೇ ಚಿಂತನೆ - ವಿವರಣೆಗಳು ಚಿಗುರೊಡೆಯಲಿಲ್ಲ. 1920 ರ ದಶಕದ ಮಧ್ಯಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತವೆಂಬ

ಹೊಸ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಸಾಧನವು ಉಪಾಣು ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಸಂಗಗಳನ್ನೂ ವಿವರಿಸುವುದೆಂಬ ಭರವಸೆಯನ್ನು ಮತ್ತು ಹೊಸಹುರುಪನ್ನು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಲ್ಲಿ ತುಂಬತೊಡಗಿತು. 1920-1930 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ - ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹಿಂದೆ ಯಾವುದೇ ಬಗೆಯ ವಿವರಣೆಗೆ ಎಟುಕದೇ ಇದ್ದ ಬಹುತೇಕ ಪ್ರಸಂಗಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ವಿವರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆಯೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಅಂದಿನವರೆಗೆ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಂಖ್ಯಾವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಬದಲಿಯಾದ ಮತ್ತು ಅಚ್ಚ ಹೊಸ ಸಂಖ್ಯಾವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆಯೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಗೋಚರವಾಯಿತು.

ಅಣು ಮತ್ತು ಅಣು ಕೇಂದ್ರೀಯ ಕಿರು ಅಳತೆಮಾನಗಳ ಪರಿಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಕಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಎರಡು ನಿಕರ ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು, ಪ್ರೋಟಾನು (ಪ್ರಥಮಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣ), ನ್ಯೂಟ್ರಾನು, ಪಾಸಿಟ್ರಾನು (ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲಕಣ), ಮ್ಯೂಕಣ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಿನೊ - ಕಣಗಳು ಫರ್ಮಿ - ಡಿರ್‍ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯಾವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ "ಫರ್ಮಿಕಣಗಳು" (Fermions) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಮುಂದಿನ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಅವಶ್ಯಕವಿರುವ ಈ ಕಣಗಳ ಗುಣವೆಂದರೆ - ಇವುಗಳ ನಡವಳಿಕೆಯು ಪೌಲಿಯ ವರ್ಜನ ತತ್ವವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತದೆ. ಫರ್ಮಿ - ಡಿರ್‍ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಪಾಲಿಸುವ ಎರಡು ತದ್ರೂಪಿ ಕಣಗಳು ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚರಪರಿಮಾಣಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ತದ್ರೂಪವಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ - ಎಂಬ ಸ್ಪಷ್ಟನೆಯೇ ಪೌಲಿಯ ವರ್ಜನ ತತ್ವದ ನಿರೂಪವಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಅಣು ಕೇಂದ್ರವೊಂದರ ಸುತ್ತ ಚಲಿಸುವ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು (ತದ್ರೂಪಿಕಣಗಳು) ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿ, ಸುತ್ತು ಪಥದ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಂಖ್ಯೆ, ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸರ್ವಸಮಾನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಪೌಲಿಯ ವರ್ಜನ ತತ್ವವು ಫರ್ಮಿಕಣಗಳ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲವಾದ ನಿರ್ಬಂಧವನ್ನು ತರುತ್ತದೆ. ತದ್ರೂಪಿ ಫರ್ಮಿ ಕಣಗಳು ಅಣುವಿನೊಳಗಾಗಲೀ, ಪರಮಾಣುವಿನೊಳಗಾಗಲೀ, ಅಥವಾ ಹರಳ ಅಣುಪಂಕ್ತಿಗಳಿಂದಾದ ಘನಸ್ಥಿತಿಯ ಜಾಳಂದ್ರದೊಳಗಾಗಲೀ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬಹುದು. ಅವು ಪೌಲಿ ವರ್ಜನ ತತ್ವವನ್ನು ಕಡ್ಡಾಯವಾಗಿ ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ.

ದ್ಯುತಿಗಂತಿಗಳು, ಮಧ್ಯಂತರ ಕಣಗಳು ಸಂಖ್ಯಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಎರಡನೇ ಭಾಗವಾದ ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಸಂಖ್ಯಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಒಳ ಪಡುತ್ತವಾದ್ದರಿಂದ

ಇವನ್ನು 'ಬೋಸ್' ಕಣಗಳು ಎಂದೇ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ 'ದ್ಯುತಿಗಂತಿ' ಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಹೊಸ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯೊದಗಿಸಿ ವಿಸ್ತರಿಸಿದ ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸತ್ಯೇಂದ್ರನಾಥ ಬೋಸ್ (1894 - 1974), ಚುಟುಕಾಗಿ 'ಬೋಸ್' ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನಾಗಿಯೂ ಹೆಸರು ಪಡೆದಿದ್ದಾನೆ. ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಸಂಖ್ಯಾವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಪೌಲಿಯ ವರ್ಜನ ತತ್ವವು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ, ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಮಾಪನಾಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ವಿಭಿನ್ನ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ ನಿರ್ಬಂಧವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಣಗಳು (ಅಥವಾ ದ್ಯುತಿಗಂತಿಗಳು) ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಮನುಷ್ಯನು ಏಕಾಂಗಿಯಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಫರ್ಮಿಕಣಗಳು ಏಕಾಂಗಿಗಳು. ಇವುಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದಕ್ಕೂ ಏಕಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಬೋಸ್ ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಗುಂಪುಗೂಡಬಲ್ಲವು. ಬಿಡಿಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸಾಧಾರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ 'ಫರ್ಮಿಕಣ' ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಧಾರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲ್ಪಟ್ಟ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹವೊಂದರೊಳಗಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳ ನಿರ್ಧಿಷ್ಟ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಪೌಲಿ ವರ್ಜನ ತತ್ವದ ಅನುಸಾರ ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಬೆಲೆಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿ ವಿತರಣೆಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ.

ಹಿಂದೆಂದೂ ಕಂಡರಿಯದ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಫ್ರಾಲಿಚ್ (Frolich) 1950 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿ ಸಲಹೆಮಾಡಿದನು. ಅಣು ಪಂಕ್ತಿಯ ಘನ ಜಾಳಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ವೇಚ್ಛಾಚಾರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಣುಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳೊಡನೆ ಒಂದು ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಕರ್ಷಿಸುವ ಮೂಲಕ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಮೂಲಕಾರ್ಯಗತಿಗೆ ಮೂಲವಾಗುತ್ತವೆಂದು ಪ್ರಕಲ್ಪಿತ ಸಲಹೆಯಿತ್ತನು. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಈ ಪ್ರಕಲ್ಪಿತ ಸಲಹೆಯು ಪೂರ್ತಾ ಅಸಂಭವವೆಂಬಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವಕ್ಕೆ ಹರಳುಗಳ ಕಣಪಂಕ್ತಿಗಳು ನೇರಪಲ್ಲಟಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಚದುರಿಸುವ ಮೂಲಕ ಕಾರಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಫ್ರಾಲಿಚ್‌ಗೆ ತನ್ನ ಪ್ರಕಲ್ಪಿತ ಸಲಹೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ದೃಢೀಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದನು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ, ಅದೇ ವರ್ಷ ಈ ಪ್ರಕಲ್ಪಿತ ಸಲಹೆಗೆ ಪುಷ್ಟಿಕೊಡುವ ಫಲಿತಾಂಶವೂ ಲಭಿಸಿತು. ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನವೂ ಫ್ರಾಲಿಚ್ ಸಲಹೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೇ ಇತ್ತು. ಆದರೆ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನಡೆಸಿದ್ದರ

ಬಗ್ಗೆ ಆತನಿಗೆ ಏನೂ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶದ ಅನ್ವಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಕಣ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಫಲಿತಾಂಶವು ಯಾವ ಬಗೆಯೆಂದು ಆಲೋಚಿಸಲಾಗದ ಕಾರಣ, ಈ ಪ್ರಕಲ್ಪನಾಸಲಹೆಯು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲಿಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಸಂಗದಲ್ಲಿ ತಲೆದೋರುವ ಪ್ರಶ್ನೆಯೆಂದರೆ - ಹರಳ ಕಣ ಪಂಕ್ತಿಯು ಯಾವ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಕರ್ಷಣೆಯುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ? ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯುಂಟಾಗಲು ಈ ಕರ್ಷಣೆಯು ಏನನ್ನು ದೊರಕಿಸುತ್ತದೆ? ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಣು ಪಂಕ್ತಿಯ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಮೂಲ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಬಾಧಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಬಗೆಯ ಬಾಧೆಯು Tc ಗಿಂತ ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಸಮ್ಮತವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು 1957 ರಲ್ಲಿ ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಲಿಯಾನ್ ನೀಲ್ ಕೂಪರ್ ಮತ್ತು ರಾಬರ್ಟ್ ಶ್ರೈಫರ್ ರೂಪಿಸಿ, ಮೇಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿದರು. ಈ ಸಾಧನೆಗಾಗಿ ಇವರಿಗೆ 1972 ರಲ್ಲಿ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸಲಾಯಿತು. ಇವರು ರೂಪಿಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಇವರ ಜೀವನ ವೃತ್ತಾಂತವನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ.

# ಅಧ್ಯಾಯ - ೪

## ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತರಾದ ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಲಿಯಾನ್ ನೀಲ್ ಕೂಪರ್ ಮತ್ತು ಜಾನ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಶ್ರೈಫರ್ ಇವರ ಜೀವನ ವೃತ್ತಾಂತ

### ಅ) ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್ :

ಅಮೆರಿಕಾದ ವಿಸ್ಕಾನ್‌ಸಿನ್‌ಗೆ ಸೇರಿದ ಮೆಡಿಸನ್‌ನಲ್ಲಿ 1908ರ ಮೇ 23 ರಂದು ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಜನ್ಮ ತಳೆದನು. ಈತನ ತಂದೆಯು ಚಾರ್ಲಸ್ ರಸೆಲ್ ಬಾರ್ಡೀನ್. ಜಾನ್ ಹಾಪ್‌ಕಿನ್ಸ್ ವೈದ್ಯಕೀಯ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈತನ ತಂದೆಯು ಮೊದಲ ಪದವೀಧರನಾದದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ವಿಸ್ಕಾನ್‌ಸಿನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ವೈದ್ಯಕೀಯ ಶಾಲೆಯ ಸಂಸ್ಥಾಪಕನೂ ಆಗಿದ್ದನು. ಆಲ್‌ಥಿಯಾ ಈತನ ತಾಯಿ. ಆಕೆಯು ಹಾರ್ಮರ್ ಪ್ರಾಟ್ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಚ್ಯಕಲೆ (Oriental Art) ಯನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿ ಚಿಕಾಗೊದಲ್ಲಿ ಒಳಾಂಗಣ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಿದ್ದವಳು. ಈ ತಾಯಿ-ತಂದೆಯರು ಜನ್ಮ ನೀಡಿದ ಐವರು ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿ ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಒಬ್ಬನಾಗಿದ್ದನು.

ಮೆಡಿಸನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈತನು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮತ್ತು ಪ್ರೌಢ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಪಡೆದನು. 1923 ರಲ್ಲಿ ಇದು ಮುಗಿದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ವಿಸ್ಕಾನ್‌ಸಿನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆಸಿ ಬಿ.ಎಸ್. ಪದವಿಯನ್ನು 1928 ರಲ್ಲೂ, ಎಂ.ಎಸ್. ಪದವಿಯನ್ನು 1929 ರಲ್ಲೂ ಪಡೆದನು. 1928-1930 ರ ಎರಡು ವರ್ಷಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪದವೀಧರ ಸಂಶೋಧನಾ ಸಹಾಯಕನಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರತನಾದನು. ಬಳಿಕೆಯ ಭೌಗೋಳಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಗಣಿತ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ 'ಸಂದೇಶ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾವಾಹಕ' (Antenna) ದಿಂದ ಹೊಮ್ಮುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದನು. ಇದೇ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಜೆ.ಹೆಚ್. ವಾನ್‌ವ್ಲಾಚ್‌ನ ಪ್ರೇರಣೆಗೊಳಗಾಗಿ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬಗ್ಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಿರತನಾದನು. ಭೌಗೋಳಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಈತನು ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಲು ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿಯಾಗಿದ್ದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಲಿಯೊ ಜೆ. ಪೀಟರ್ಸ್ ಪೆನಿಸಿಲ್ವೇನಿಯಾದ ಪಿಟ್ಸ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಕೊಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದು ಅಲ್ಲಿಗೆ ಹೋದ

ಕಾರಣ ಆತನನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಸಹ ಅಲ್ಲಿಗೆ ಬಂದನು. 1930-1933 ರ ಮೂರು ವರ್ಷಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಿ ಭೌಗೋಳಿಕ ವಿಷಯವೊಂದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆ ನಿರತನಾಗಿದ್ದನು. ಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವತೆಯ ಮೋಜಿಣಿ-ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವ ಬಗ್ಗೆ ಈತನು ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ್ದನು. ಭೂಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿರುವ ತೈಲ ನಿಕ್ಷೇಪಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಭೌಗೋಳಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ (Geophysics) ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡ ಪ್ರೇರಣಾ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಈತ ಕಾರ್ಯತತ್ಪರನಾಗಿದ್ದನು.

ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಈತನು ಅಪಾರ ಒಲವನ್ನು ತೋರಿದ್ದರಿಂದ 1933 ರಲ್ಲಿ ಈ ಹುದ್ದೆಗೆ ರಾಜಿನಾಮೆಯಿತ್ತು ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಗಣಿತೀಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅಧ್ಯಯನ ಮುಂದುವರೆಸಿದನು. ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ವಿಗ್ನರ್‌ನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಾಗಿ ಈತ "ಘನಸ್ಥಿತಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ" (Solid State Physics) ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿತಳೆದನು. ಲೋಹಗಳ 'ಕಾರ್ಯೋತ್ಪನ್ನ' (Work function) ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪರಿಶೋಧನಾ ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ಪೂರ್ಣಮಾಡುವ ಮೊದಲೇ ಹಾರ್ವರ್ಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ 'ಬೋಧಕ ಸಮಾಜದ' ಕಿರಿಯ ಸದಸ್ಯನಾಗಿ ಈತನಿಗೆ ಆಹ್ವಾನ ಬಂದಿತು. 1935-1938 ರ ಮೂರು ವರ್ಷಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ವಾನ್‌ವ್ಲಾಚ್ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಬ್ರಿಜ್‌ಮನ್‌ರೊಡನೆ ಸೇರಿ ಲೋಹಗಳ ಸಂಸಕ್ತತೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ವಹನದ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದನು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ, ಅಣುಕೇಂದ್ರಗಳ ಸಾಂದ್ರತಾ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿದನು. ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಿಂದ 1936 ರಲ್ಲಿ ಡಾಕ್ಟೊರಲ್ (ಸಂಶೋಧನಾ ಪರಿಣತ) ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದನು. 1938-1941 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಿನೆಸೋಟಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಹಾಯಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದನು. 1941-1945 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ವಾಷಿಂಗ್‌ಟನ್‌ನ ನೇವಲ್ ಆರ್ಡನೆನ್ಸ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ (Naval ordanance laboratory) ನಾಗರೀಕ ಪೂರೈಕೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಷಯದ ಸಹಾಯಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿದ್ದನು. ಆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕಾ-ಜಪಾನ್ ದೇಶಗಳ ನಡುವೆ ಯುದ್ಧವು ಸಂಭವಿಸಿದ್ದರಿಂದ ಜಲಾಂತರ್ಗಾಮಿ ನೌಕೆಗಳ ಬಳಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಗಣಿಗಳ ಸಮೀಕ್ಷೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲಸ ನಿರ್ವಹಿಸಿದನು. 1945 ರಲ್ಲಿ ಯುದ್ಧವು ಕೊನೆಗೊಂಡ ಮೇಲೆ ನ್ಯೂಜೆರ್ಸಿಯ ಮುರ್ರೆಹಿಲ್‌ನ ಬೆಲ್ ದೂರವಾಣಿ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಹೊಸದಾಗಿ ರಚನೆಯಾಗಿದ್ದ ಘನಸ್ಥಿತಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಂಶೋಧನಾ ತಂಡವನ್ನು ಸೇರಿಕೊಂಡನು. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲೇ ಈತನು

ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಆಸಕ್ತಿ ತಳೆದನು. ಬ್ರಟನ್ ಜೊತೆಗೂಡಿ ಈತನು 1947ರ ಕೊನೆಯ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅರೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ 'ವರ್ಗಾವಣಾ ರೋಧಕ' (Transistor or Transfer resistor) ದ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸಂಶೋಧಿಸಿದನು. ಬೆಲ್ ದೂರವಾಣಿ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು 1951 ರಲ್ಲಿ ಅರ್ಬಾನಾದ ಇಲಿನಾಯ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗಗಳ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಸೇರಿಕೊಂಡನು. ಆನಂತರ ಇಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಎರಡು ಪ್ರಧಾನ ಸಂಶೋಧನಾ ಕಾರ್ಯಯೋಜನೆಗಳನ್ನು (Research Projects) ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದನು. ಒಂದು ಕಾರ್ಯಯೋಜನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮತ್ತು ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ವಿಷಯಗಳ ಬಗೆಗಿನ ಪರಿಶೋಧನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿತ್ತು. ಇನ್ನೊಂದು ಕಾರ್ಯಯೋಜನೆಯು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ದೃಗ್ಗೋಚರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಬಗ್ಗೆ, ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ದ್ರವಗಳ ಬಗೆಗಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿತ್ತು. ಲಿಯಾನ್ ನೀಲ್ ಕೂಪರ್ ಮತ್ತು ಜಾನ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಶ್ರೈಫರ್ ಜೊತೆಗೂಡಿ ಈತನು 1956 ಮತ್ತು 1957 ರಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ 'ದೃಗ್ಗೋಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತ' (Microscopic Theory) ವು ಮೂಲಕಣಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಅಣುಕೇಂದ್ರೀಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ, ದ್ರವ ಹೀಲಿಯಂ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲೂ ಮೂಲಭೂತ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಕಾರ್ಯಗಳು ನಡೆಯಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಯಿತು. 1959 ರವರೆಗೆ ಇದೇ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಉನ್ನತಾಧ್ಯಯನ ಕೇಂದ್ರದ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು.

ಈತನ 60 ವರ್ಷಗಳ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜೀವನದ ಪ್ರಾರಂಭದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ 1945 ರಿಂದಾಚೆಗೆ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದ ಲೋಹಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಡವಳಿಕೆ, ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪಾತಳಿಯ (Surface) ಗುಣಗಳು, ಹೆಸರಾಂತ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಸಾಂದ್ರಭಾಗದಿಂದ ವಿರಳ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಹೊಂದುವುದು - ಇತ್ಯಾದಿ ವಿಷಯಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಮಾದರಿಯ ಏಕಮಾನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಲೋಹ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಸಾಂದ್ರೀಕರಣ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ (Material condensation physics) ದ ಬಹುತೇಕ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತನ್ನ ಚಿಂತನೆಯ ಕೊಡುಗೆಯಿತ್ತಿದ್ದಾನೆ. ನಂತರದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿಸ್ತೃತ ಬಳಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈತನ 83ನೇ ವರ್ಷದವರೆಗೂ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ

ಪ್ರಬಂಧಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಲೇ ಇದ್ದನು. ಜೊತೆಗೆ, ತಾಂತ್ರಿಕ ಕಾರ್ಯ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಅವಿರತ ಚಟುವಟಿಕೆಯುಳ್ಳ ಆಸಕ್ತಿಯನ್ನು ತಳೆದಿದ್ದನು. 1951 ರಲ್ಲಿ 'ನಕಲು ಪ್ರತಿ ಸೃಜನ ಕಾರಿ' (Xerox) ತಯಾರಿಕಾ ನಿಗಮಕ್ಕೆ ಸಲಹೆಕೊಡತೊಡಗಿದನು. ಆ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಇನ್ನೂ 'ಪೂರ್ಣಗ್ರಾಹಿ' (Holoid) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು. ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್‌ನ ರೋಚೆಸ್ಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಇದರ ಸಂಶೋಧನಾ ವಿಭಾಗವನ್ನು ತೆರೆದಿದ್ದರು. ನಕಲು ಪ್ರತಿ ಸೃಜನ ಸಾಧನದ ವರ್ಣರಂಜಿತ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯಾಗುವವರೆಗೂ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಈತನು ಕಾರ್ಯ ಪ್ರವೃತ್ತನಾಗಿದ್ದನು. ಅನಂತರ ನಕಲು ಪ್ರತಿ ಸೃಜನ ಸಾಧನ ನಿರ್ದೇಶಕ ಮಂಡಳಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದನು. ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಗಮ ಮತ್ತು ಇತರೆ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಸಲಹೆಕೊಡುತ್ತಿದ್ದನು. 1954-1959 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕನ್ ಭೌತಸಮಾಜದ ಸದಸ್ಯನಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡಿದನು. 1968-69 ರಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಕ್ಷನಾಗಿದ್ದನು. 1954 ರಲ್ಲಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಗೆ ಆಯ್ಕೆಗೊಂಡನು. 1972 ರಲ್ಲಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಿಕ್ಷಣ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಸದಸ್ಯನಾಗಿ ಆಯ್ಕೆಗೊಂಡನು. 1959 ರಿಂದ 1962 ರವರೆಗೆ ಅಮೆರಿಕನ್ ಅಧ್ಯಕ್ಷರ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಲಹಾ ಸಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡಿದನು. 1981-82ರಲ್ಲಿ ಶ್ವೇತಭವನದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡಿದನು. 1963 ರಿಂದ 1972 ರವರೆಗೆ ಅತೀ ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಶುದ್ಧ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಬಳಕೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಂಘದ ಸಂಸ್ಥಾಪಕ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. ಇದರ ಅಧ್ಯಕ್ಷನಾಗಿ 1969-1972 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡಿದನು. 1961-1974 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ 'ನಕಲು ಪ್ರತಿ ಸೃಜನ ಸಾಧನ' ತಯಾರಿಕಾ ನಿಗಮದ ನಿರ್ದೇಶಕ ಮಂಡಳಿಯ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. 1983 ರಿಂದ 1991 ರವರೆಗೆ 'ಸೂಪರ್‌ಟೆಕ್ಸ್' ಮಂಡಳಿಯ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. ಫ್ರಾಂಕ್ಲಿನ್ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಸ್ಟುವರ್ಟ್ ಬ್ಯಾಲಂಟೈನ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು 1952ರಲ್ಲೂ, ಅಮೆರಿಕನ್ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಮಾಜದ ಬಕ್ಲೆ ಬಹುಮಾನವನ್ನು 1954ರಲ್ಲೂ, ಫಿಲಡೆಲ್ಫಿಯಾ ನಗರದ ಜಾನ್ ಸ್ಕಾಟ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು 1955 ರಲ್ಲೂ, ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ 'ಫಿಡ್ಜ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್' ಬಹುಮಾನವನ್ನು 1962ರಲ್ಲೂ, ಅಮೆರಿಕನ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಮಾಜದ ವಿನ್ಸೆಂಟ್ ಬೆಂಡಿಕ್ಸ್ ಬಹುಮಾನವನ್ನು 1964ರಲ್ಲೂ, ಅಮೆರಿಕಾ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು 1965 ರಲ್ಲೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಅಭಿಯಂತರುಗಳ ಸಮುದಾಯದ ಗೌರವ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು 1971 ರಲ್ಲೂ, ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜೇಮ್ಸ್ ಮೆಡಿಸನ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು 1973 ರಲ್ಲೂ ಈತ ಪಡೆದನು. ಬೆಲ್ ದೂರವಾಣಿ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ

'ವರ್ಗಾವಣಾ ರೋಧಕ' ಪರಿಶೋಧನೆಯನ್ನು ವಾಲ್ಟರ್ ಹೆಚ್. ಬ್ರಟನ್ ಮತ್ತು ವಿಲಿಯಂ ಶಾಕ್ಲೆ ಜೊತೆ ಮಾಡಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ 1956 ರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ಈ ಮೂವರೂ ಪಡೆದರು. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ BCS ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು 1957 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ ಕೂಪರ್ ಮತ್ತು ಶ್ರೈಫರ್ ಜೊತೆ 1972 ರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಂಡನು. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ಎರಡು ಬಾರಿ ಪಡೆದ ಹೆಗ್ಗಳಿಕೆಗೆ ಪಾತ್ರನಾದನು. 1987 ರಲ್ಲಿ ಸೋವಿಯೆತ್ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯು ಲೊಮೊನೊಸೊವ್ ವಿಶಿಷ್ಟ ಬಹುಮಾನವನ್ನು ಪಡೆದನು. ಅಮೆರಿಕನ್ನನಾಗಿ ಸೃಜನ ಶೀಲತೆಗೆ ತನ್ನದೇ ಆದ ಮತ್ತು ಅಪ್ರತಿಮವಾದ ಕೊಡುಗೆಯಿತ್ತು ಸನ್ಮಾನಿತರಾದ 11 ಮಂದಿಯಲ್ಲಿ ಈತನೂ ಒಬ್ಬನಾಗಿದ್ದನು. 20ನೇ ಶತಮಾನದ ನೂರು ಅತಿ ಪ್ರಭಾವೀ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಈತನೂ ಒಬ್ಬನೆಂದು 'ಜೀವನ ನಿಯತಕಾಲಿಕ' (Life Magazine) ದಲ್ಲಿ ಈತನ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಶಂಸಾ ಲೇಖನವೊಂದು ಪ್ರಕಟವಾಗಿದೆ. ವಿಸ್ಕಾನ್‌ಸಿನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಅಂತರವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಈಜು ತಂಡದ ಪಾರಿತೋಷಕ ಮತ್ತು ಗಾಲ್ಫ್‌ಕ್ಲಬ್‌ನ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನು ಈತ ಪಡೆದನು.

1938 ರಲ್ಲಿ ಜೇನ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಳನ್ನು ಮದುವೆಯಾದನು. ಇವರಿಗೆ ಜೇಮ್ಸ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ವಿಲಿಯಂ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಮತ್ತು ಎಲಿಜಬೆತ್ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಗ್ರೇಟಕ್ ಎಂಬ ಮೂರು ಮಕ್ಕಳು ಹುಟ್ಟಿದರು. ಮಕ್ಕಳ ದಾಂಪತ್ಯ ಜೀವನವು ಚಾರ್ಲಸ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಕರೆನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ವಿಲಿಯಂ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಆಂಡ್ರೂ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಡೇವಿಡ್ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಥ್ಯೂ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಹೆಸರಿನ ಮೊಮ್ಮಕ್ಕಳನ್ನೂ ತಂದುಕೊಟ್ಟಿತು. 1991 ರಲ್ಲಿ ಈತನು ತನ್ನ ಕೊನೆಯುಸಿರೆಳೆದನು.

## ಆ) ಲಿಯಾನ್ ನೀಲ್ ಕೂಪರ್ :

1930 ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕಾದ ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್‌ನಲ್ಲಿ ಲಿಯಾನ್ ನೀಲ್ ಕೂಪರ್ ಜನಿಸಿದನು. 1951 ರಲ್ಲಿ ಕೊಲಂಬಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನ ಪದವಿಯನ್ನೂ, 1953 ರಲ್ಲಿ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಯನ್ನೂ ಪಡೆದನು. 1954-55ರಲ್ಲಿ ಉನ್ನತ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಬೋಧಕ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದನು. ಆನಂತರ 1955-57 ರಲ್ಲಿ ಇಲಿನಾಯ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಸಹಸಂಶೋಧಕನಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಿದನು. 1957-58 ರಲ್ಲಿ ಓಹಿಯೋ ಪ್ರಾಂತೀಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಸಹಾಯಕ

ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿದ್ದನು. 1958 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಬ್ರೌನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವನ್ನು ಸೇರಿದನು. 1966-1974 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಹೆನ್ರಿಗೊಡ್ಡಾರ್ಡ್ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದನು. 1974 ರ ನಂತರ ಥಾಮಸ್ ಜೆ. ವ್ಯಾಟ್‌ಸನ್ (ಹಿರಿಯ) ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದು ಮುಂದುವರೆದಿದ್ದಾನೆ.

ಬ್ರೌನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ನರ ವಿಜ್ಞಾನ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕನಾಗಿ ಮುಂದುವರೆದಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಸಂಸ್ಥೆಯನ್ನು 1973 ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಣಿಗಳ ನರವ್ಯೂಹವನ್ನು ಮತ್ತು ಮನುಷ್ಯನ ಮೆದುಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವ ಕಾರ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿದೆ. ಬಳಿಕ ಗಣಿತ ಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗದಿಂದ, ಜೈವಿಕ ವೈದ್ಯಕೀಯ ವಿಭಾಗದಿಂದ, ಭಾಷಾಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಮತ್ತು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿಕೊಂಡ ಸಂಶೋಧನಾ ಪರಿಣತರನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಈ ಸಂಸ್ಥೆಗೆ ಲಿಯಾನ್ ಕೂಪರ್ ಮೊದಲ ನಿರ್ದೇಶಕನಾದನು. ಬ್ರೌನ್ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳೊಡನೆ, ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿರುವವರೊಡನೆ ಮತ್ತು ಪದವೀಧರ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೊಡನೆ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಾ ನರವಿಜ್ಞಾನದ ಮತ್ತು ಸ್ಮರಣವಿಜ್ಞಾನದ (Cognitive Sciences) ಬಗ್ಗೆ ಆಸಕ್ತಿ ತಳೆದು ಮೆದುಳಿನ ಸ್ಮರಣೆ ಮತ್ತು ಇತರೆ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಪ್ರಯತ್ನದ ಫಲವಾಗಿ ಮನುಷ್ಯನ ಮೆದುಳು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ನಮೂನೆಯೊಂದನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿದ್ದಾನೆ.

ತನ್ನ 20 ನೇ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲೇ ಅಧ್ಯಯನ ನಿರತನಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಬಾರ್ಡೀನ್ ಮತ್ತು ಶ್ರೈಫರ್ ಜೊತೆಗೂಡಿ ರೂಪಿಸಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ 1972ರ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ಅವರ ಜೊತೆ ಹಂಚಿಕೊಂಡನು. ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ರಾಮ್‌ಸ್ಟಾಕ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ಶ್ರೈಫರ್ ಜೊತೆ 1968 ರಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೊಂಡನು. ಕೊಲಂಬಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಹಳೆಯ ಪದವೀಧರ ಬೋಧಕ ಸಮುದಾಯದ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನೂ, ಪ್ಯಾರಿಸ್ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಡೆಸ್ಕಾರ್ಟೆ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನೂ 1970 ರಲ್ಲಿ ಪಡೆದನು. ಕೊಲಂಬಿಯಾ ಮಹಾವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜಾನ್ ಜೆ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನೂ ಪಡೆದನು. ಈತನಿಗೆ ಏಳು ಗೌರವ ಡಾಕ್ಟೊರೇಟ್ ಪದವಿಗಳು ಸಂದಿವೆ.

1954-1955 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಮಹಾಮಂಡಲದ (NSF) ಪರಿಶೋಧನೋತ್ತರ ಸದಸ್ಯನಾಗಿಯೂ, 1959 ರಿಂದ 1966 ರವರೆಗೆ ಆಲ್‌ಫ್ರೆಡ್ ಸ್ಲೋನ್

ಪ್ರತಿಷ್ಠಾನದ ಸಂಶೋಧನಾ ನಿರತ ಸದಸ್ಯನಾಗಿಯೂ, 1965-66 ರಲ್ಲಿ ಜಾನ್ ಸೈಮನ್ ಗುಗೆನ್‌ಹೈಮ್ ಸ್ಮಾರಕ ಪ್ರತಿಷ್ಠಾನದ ಸದಸ್ಯನಾಗಿಯೂ ಆಯ್ಕೆಗೊಂಡನು. ಅಮೆರಿಕನ್ ಭೌತ ಸಮಾಜದ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಕನ್ ಕಲಾ-ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮಹಾಮಂಡಳದ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಕನ್ ದಾರ್ಶನಿಕ ಸಮಾಜದ, ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ನರವಿಜ್ಞಾನ ಸಮಾಜದ, ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಾಭಿವೃದ್ಧಿ ಸಮುದಾಯದ, ಫಿಬಿಟಾ ಕಾಪಾದ ಮತ್ತು ಸಿಗ್ಮಾ ಕ್ಸೈನ ಸದಸ್ಯನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ನರವಿಜ್ಞಾನ ಸಮಾಜದ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಸಭೆಯ ಮತ್ತು ಆಡಳಿತ ಮಂಡಳಿಯ ಸದಸ್ಯನಾಗಿ ಸಕ್ರಿಯ ಕಾರ್ಯನಿರತನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ರಕ್ಷಣಾಪಡೆಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಮಂಡಳಿಯ ಸದಸ್ಯನೂ ಆಗಿದ್ದಾನೆ. ವಾಣಿಜ್ಯೋದ್ದೇಶದ ಮತ್ತು ಸೇನಾ ಬಳಕೆಯ ನರವಿಜ್ಞಾನ ಕೈಗಾರಿಕಾ ಮಂಡಳಿಯ ಮುಂದಾಳತ್ವ ವಹಿಸಿಕೊಂಡು ನೆಸ್ಟರ್‌ನ ಉಪಾಧ್ಯಕ್ಷನಾಗಿಯೂ, ಸಹಸಂಸ್ಥಾಪಕನಾಗಿಯೂ ಕಾರ್ಯನಿರತನಾಗಿದ್ದಾನೆ.

## ೩) ಜಾನ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಶ್ರೈಫರ್ :

ಜಾನ್ ಹೆಚ್. ಶ್ರೈಫರ್ ಮತ್ತು ಲೂಯಿಸ್ ನೀ ಆಂಡೆರ್‌ಸನ್ ದಂಪತಿಗಳ ಮಗನಾಗಿ 1931ರ ಮೇ 31 ರಂದು ಇಲಿನಾಯ್ಸ್‌ನ ಓಕ್ ಪಾರ್ಕ್‌ನಲ್ಲಿ ಜಾನ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಶ್ರೈಫರ್ ಜನಿಸಿದನು. 1940 ರಲ್ಲಿ ಈ ಕುಟುಂಬವು ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್‌ನ ಮನ್‌ಹಸೆಟ್‌ಗೆ ಬಂದು ನೆಲೆಸಿತು ಮತ್ತು 1947 ರಲ್ಲಿ ಫ್ಲೋರಿಡಾದ ಯೂಸ್ಟಿಸ್‌ಗೆ ಹೋಗಿ ನೆಲೆಸಿತು. ಅಲ್ಲಿ ಹುಳಿ ಸಂಸ್ಕರಣೆಯ ಕೈಗಾರಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರು.

ಯೂಸ್ಟಿಸ್ ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಜನೆಯನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದ ಶ್ರೈಫರ್ 1949 ರಲ್ಲಿ ಪದವೀಧರನಾದನು. ಆನಂತರ ಎರಡು ವರ್ಷ ಮೆಸಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆ (MIT) ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಉನ್ನತಾಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿದನು. ನಂತರದ ವರ್ಷ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ವಿಷಯವನ್ನಾಗಿ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡನು. ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಜಾನ್ ಸ್ಲೇಟರ್ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ಭಾರ ಅಣುಗಳ ಸಂಕೀರ್ಣ ವಿನ್ಯಾಸದ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿ ಪದವೀಧರ ಪ್ರೌಢ ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಇಲ್ಲಿಯೇ ಈತನು "ಘನಸ್ಥಿತಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ" ದ ಬಗ್ಗೆ ಆಸಕ್ತನಾದ ಕಾರಣ ಇಲಿನಾಯ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯವಾಗಿ ಪದವೀಧರ ಅಧ್ಯಯನ ನಿರತನಾಗಿ ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಜೊತೆ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದನು. ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪಾತಳಿಯ

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವದ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವರ್ಷ ಪ್ರಯೋಗ ಕಾರ್ಯ ನಿರತನಾದನು. ತಾನು ರೂಪಿಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಹಲವು ಪಾತಳಿ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಬಳಕೆ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯತ್ನ ನಡೆಸಿದನು. ಪದವೀಧರ ಅಧ್ಯಯನದ ಮೂರನೇ ವರ್ಷಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಈತನು ಬಾರ್ಡೀನ್ ಮತ್ತು ಕೂಪರ್ ಜೊತೆ ಸೇರಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ದೃಗ್ಗೋಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದನು. ಈ ಕಾರ್ಯಸಾಧನೆಯೇ ಈತನ "ಸಂಶೋಧನಾಪರಿಣತ" ಪದವಿಯ ಮಹಾಪ್ರಬಂಧವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು.

1957-58 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರತಿಷ್ಠಾನದ ಸದಸ್ಯನಾಗಿಯೂ, ಕೋಪನ್ ಹೇಗನ್‌ನ ನೀಲ್ಸ್‌ಬೋರ್ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲೂ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಿದನು. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಕೋಪನ್ ಹೇಗನ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮುಂದುವರೆಸಿದನು. ತದನಂತರ ಒಂದುವರ್ಷಾವಧಿಗೆ ಚಿಕಾಗೊ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಸಹಾಯಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ 1959 ರಲ್ಲಿ ಇಲಿನಾಯ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಕ್ಕೆ ಬೋಧಕ ಸದಸ್ಯನಾಗಿ ಹಿಂತಿರುಗಿದನು. ಬೇಸಗೆಯ ಸಂದರ್ಶಕನಾಗಿ ಮತ್ತೆ ಬೋರ್ ಸಂಸ್ಥೆಗೆ 1960 ರಲ್ಲಿ ಬಂದನು. ಅಲ್ಲಿ ಅನಿಗ್ರೀಟಿ ಥಾಮ್ಸನ್ ಜೊತೆ ಒಡನಾಟ ಬೆಳೆಸಿ, ಆ ವರ್ಷದ ಕ್ರಿಸ್‌ಮಸ್ ಹಬ್ಬದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮದುವೆಯಾದನು.

ಫಿಲಿಡೆಲ್ಫಿಯಾದ ಪೆನಿಸಿಲ್ವೇನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಬೋಧಕ ವರ್ಗವನ್ನು 1962 ರಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಂಡನು. ಅಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೇರಿ ಅಮಾಂಡಾವುಡ್ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದನು. ಸಂತಾಬಾರ್ಬರಾದ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ 1980 ರಲ್ಲಿ ನೇಮಕಗೊಂಡನು. 1984 ರಲ್ಲಿ ಆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಕುಲಪತಿಯಾಗಿ ನೇಮಕಗೊಂಡನು. 1984-1989 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸಂತಾಬಾರ್ಬರಾ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯ ನಿರ್ದೇಶಕನಾಗಿ ಸೇವೆ ಮಾಡಿದನು. 1992 ರಲ್ಲಿ ಫ್ಲೋರಿಡಾ ಪ್ರಾಂತೀಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಮತ್ತು ಭಾರಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ಮುಖ್ಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿ ನೇಮಕಗೊಂಡನು. ಜಿನೀವಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ, ಮ್ಯೂನಿಚ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯ, ಪೆನಿಸಿಲ್ವೇನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ, ಇಲಿನಾಯ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ, ಸಿಂಸಿನಾಟಿಯ, ಟೆಲ್ - ಅವೀವ್‌ನ, ಅಲಬಾಮಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಗೌರವ ಪದವಿಗಳನ್ನು ಪಡೆದನು. 1969 ರಲ್ಲಿ ಆರು ವರ್ಷಾವಧಿಗೆ ಆಂಡ್ರ್ಯೂ ಡಿ ವೈಟ್ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಹುದ್ದೆಗೆ ಕಾರ್ನೆಲ್‌ನಿಂದ ನೇಮಕಗೊಂಡಿದ್ದನು.

ಅಮೆರಿಕಾದ ಕಲಾ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಸಮಿತಿಯ, ಅಮೆರಿಕನ್ ದಾರ್ಶನಿಕ ಸಮಾಜದ, ಡೇನಿಷ್ ರಾಯಲ್ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ, ರಷ್ಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಸದಸ್ಯತ್ವವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾನೆ. ಗುಗೆನ್‌ಹೈಮ್ ಸದಸ್ಯತ್ವ, ಆಲಿವರ್ ಬಕ್ಲೆ ಘನಸ್ಥಿತಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಹುಮಾನ, ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆಯ ಕಾರ್ನ್‌ಸ್ಟಾಕ್ ಬಹುಮಾನ, 1972 ರಲ್ಲಿ ಬಾರ್ಡೀನ್ ಮತ್ತು ಕೂಪರ್ ಜೊತೆ ಹಂಚಿಕೊಂಡ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರ, ಇಲಿನಾಯ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಹಳೆಯ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಸಾಧನೆಯ ಪಾರಿತೋಷಕ, 1948 ರ ವಿಜ್ಞಾನದ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪುರಸ್ಕಾರ - ಇವನ್ನು ಈತನಿಗೆ ನೀಡಿ ಸನ್ಮಾನಿಸಲಾಯಿತು. ಇತ್ತೀಚಿನ ಈತನ ಪರಿಶೋಧನಾ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ, ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮತ್ತು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಬಲಕ್ರಿಯಾ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಾಗಿವೆ. ಶ್ರೈಫರ್ ದಂಪತಿಗಳಿಗೆ ಬೊರೆಟ್, ಪೌಲ್ ಮತ್ತು ರೆಜಿನಾ ಎಂಬ ಮೂವರು ಮಕ್ಕಳಿದ್ದಾರೆ.

ಇನ್ನು ಈ ಮೂವರು ನೊಬೆಲ್ ಬಹುಮಾನ ವಿಜೇತ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ರೂಪಿಸಿದ ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದೆ.

# ಅಧ್ಯಾಯ - ೫

## ಬಾರ್ಡೀನ್ - ಕೂಪರ್ - ಶ್ರೈಫರ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ

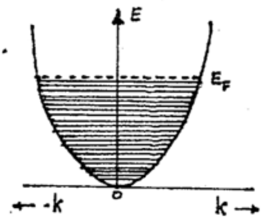
1911 ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಕೊಂಡ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅಸ್ಥಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬರುವ ಬಗೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸಮರ್ಥಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು 1957 ರವರೆಗೆ ರೂಪಿಸಲಿಲ್ಲ. ಅಮೆರಿಕನ್ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಾದ ಜಾನ್ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಲಿಯಾನ್ ಕೂಪರ್ ಮತ್ತು ಜಾನ್ ಶ್ರೈಫರ್ ರೂಪಿಸಿದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಸಮರ್ಥ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯು ಹೊರಬಂದಿತು. ಇದನ್ನು ಚುಟುಕಾಗಿ "BCS" ಸಿದ್ಧಾಂತವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಸರ್ವೇಸಾಧಾರಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ರೋಧತ್ವವು ತಲೆದೋರುವುದು. ಲೋಹಗಳು ಉತ್ತಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಾಗಿದ್ದು, ಅಣುಗಳಿಂದ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರೂಪುಗೊಂಡ ಕಣಗಳು ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಪಂಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವು ಅವುಗಳ ವ್ಯಾಸಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿರುವುದರಿಂದ ಕಣಗಳ ಆ ಕ್ರಮಿತ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಕಣಗಳ ನಡುವಿನ ಖಾಲಿ ಜಾಗದ ಗಾತ್ರವೇ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ವಾಹಕದ ಕಣಗಳು ಒಗ್ಗೂಡಿ ಘನಸ್ಥಿತಿಯುಂಟುಮಾಡಲು ಒತ್ತೊತ್ತಾಗಿ ಬಂಧಗೊಳ್ಳುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಯಲ್ಲಿ ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಣುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕೋಶಗಳ ವ್ಯಾಸವು ಹಿಗ್ಗುವುದರಿಂದ ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು (Valence electron) ಒಳಗೊಂಡ ಕೋಶವು ಅಣುವಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವಷ್ಟು ಹಿಗ್ಗುವ ಮೂಲಕ ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯೂ ಮತ್ತು ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯೂ ಪರಸ್ಪರ ಒಗ್ಗೂಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣ, ಅಣುಗಳಿಂದ ಹೊರಬಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು $0^0K$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲೂ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವಾದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ಬಂಧವಿಲ್ಲದೆ ತೊಡಗುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟಾರೆ ಗಾತ್ರವು ಇಡೀ ಲೋಹದ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದೆಂದು ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಆರ್ನಾಲ್ಡ್ ಸಾಮರ್‌ಫೀಲ್ಡ್ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು, ಇಡೀ ಲೋಹದ ಗಾತ್ರವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸ್ವೇಚ್ಛಾಚಲನೆಗೆ ಲಭ್ಯವಿರುವುದೆಂದು ಪ್ರಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನಡವಳಿಕೆಯನ್ನು ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಸ್ತರಣೆಯಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದನು. ಇದನ್ನು ಸಾಮರ್‌ಫೀಲ್ಡ್ ಮಾದರಿಯೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಈತನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಅನ್ವಯ, ಲೋಹದೊಳಗಿನ ಯಾವುದೇ

ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವು ಸೊನ್ನೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಲೋಹದ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವು ಅನಂತ ಬೆಲೆಯದಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಸೀಮಾತಡೆಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಗದಿಸದೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸ್ವತಃ ಲೋಹದಿಂದ ಹೊರಬರುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಇದರ ವಾಸ್ತವಾಂಶವಾಗಿದೆ. ಈ ಕಾರಣ, ಇಡೀ ಲೋಹ ಮಾಧ್ಯಮವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಡವಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವ ಶ್ರೋಡಿಂಜರ್ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಈ ಪ್ರಸಂಗಕ್ಕೆ ಬಿಡಿಸಿದಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಶಕ್ತಿಗೆ

$$E = \frac{h^2k^2}{8\pi^2M}$$

ಸಂಬಂಧವು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಬಂಧದ ಅನ್ವಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಆದರೊಡನೆ ಸಂಯೋಜನೆ ಗೊಂಡಿರುವ ಡಿಬ್ರೋಗ್ಲಿ ತರಂಗದ ಪ್ರಸರಣ ಸ್ಥಿರಾಂಕದ ವರ್ಗದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಂದುಕೊಡುತ್ತದೆ. E ಯನ್ನು Y - ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೂ ಮತ್ತು k ನ್ನು X - ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೂ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ನಕ್ಷೆಯೆಳೆದಾಗ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಅರೆದೀರ್ಘವೃತ್ತಾಕಾರದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿತರಣೆಯು ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಲೋಹ ಮಾಧ್ಯಮದೊಳಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯು



ಚಿತ್ರ : 7 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿತರಣೆ ನಕ್ಷೆ

$$\Psi = Ae^{ikx} + B e^{-ikx}$$

ಸಂಬಂಧದ ಅನ್ವಯ, k ಬೆಲೆಯು ಧನ ಬೆಲೆಯಿದ್ದಾಗ ಧನ X - ಅಕ್ಷನೇರದಲ್ಲೂ ಮತ್ತು k ಬೆಲೆಯು ಋಣ ಬೆಲೆಯಿದ್ದಾಗ ಋಣ X - ಅಕ್ಷನೇರದ್ದಲ್ಲೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಆಸ್ಪದ ಪಡೆದ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಈ ಎರಡೂ ನೇರದ ಚಲನೆಗಳು ಸ್ಥಾಯಿ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಡಿಬ್ರೋಗ್ಲಿ ತರಂಗಗಂತಿಗಳು ನೈಜ ತರಂಗಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ನೈಜ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಒದಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಜರ್ಮನಿಯ ನೊಬೆಲ್ ಬಹುಮಾನ ವಿಜೇತ

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ಬಾರ್ನ್ ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಮಾಡಿದಂತೆ

$$|\psi|^2 \, dx = 1$$

ಸಂಬಂಧವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಖಚಿತವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇಡೀ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮಾನ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಂದು

$$|\psi|^2 = \psi^*.\psi = Ae^{ikx} . Ae^{-ikx} = A^2$$

ಸಂಬಂಧದಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

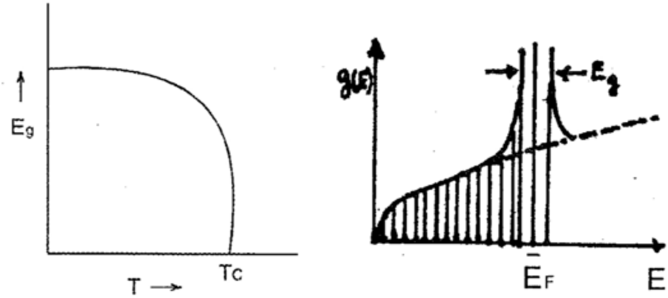
ಲೋಹವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಪಥದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದಾಗ ಅದರ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರದ ಫಲವಾಗಿ ಏರ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ $\varepsilon$ ನಿಂದ ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಧನ k ಬೆಲೆಯು ಅಧಿಕಗೊಂಡು ನೇರಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವುಂಟು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಮಾರ್ಗಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಣಪಂಕ್ತಿಗಳೊಡನೆ ಮತ್ತು ಮಲಿನ ಕಣಗಳೊಡನೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದು ಚೆದುರುವುದರಿಂದ ನೇರಪಲ್ಲಟ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಳಂಬವೇರ್ಪಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವಕ್ಕೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ಪಂಕ್ತಿಗಳ ಕಣಸ್ಪಂದನೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಅವುಗಳ ರೋಧತ್ವವು ಹೆಚ್ಚುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯು ಕಣಗಳ ಸ್ಪಂದನಾ ವಿಸ್ತಾರವೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ, ರೋಧತ್ವವು ಕಡಿಮೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವು ತಂದುಕೊಡುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನೇರ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಚೆದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸ್ಥಗಿತಗೊಳಿಸಿದಾಗ ಮಾತ್ರವೇ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಸ್ಥಗಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಧನ k ನ ಬೆಲೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಫರ್ಮಿ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕಿರುವ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮುಕ್ತ ಚಲನೆಗೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ಚೆದುರುವಿಕೆಗೆ ಇದು ಮೂಲವಾಗುವುದೇ ವಿನಃ ಅವುಗಳ ನೇರಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಚೆದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ ? ಅವುಗಳ ನೇರಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಮೂಲಕ ಶಕ್ತಿವ್ಯಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವ ಬಗೆ ಹೇಗೆ ?

ಚಿದುರುವಿಕೆಯು ಸ್ಥಗಿತಗೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ಅಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನೇರ ಪಲ್ಲಟವು ಹೆಚ್ಚಬೇಕಾದರೆ, ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಯು ಸ್ಥಗಿತಗೊಳ್ಳಬೇಕು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಗೆ ತರುವ ಮೂಲಕ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯೂ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಅಸ್ಥಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಚಿದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಅವನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸೆಳೆಯುವಂತಹ ಬಂಧನವಿರಬೇಕು. ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸರಾಗವಾಗಿ ಏರಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ ಪೌಲಿಯ ವರ್ಜನ ತತ್ವದ ಅನ್ವಯ ಅವು ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಿಸುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬೋಸ್ ಕಣಗಳಂತೆ ಅಸ್ಥಿತ್ವ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಅವು ಒಂದು ಬಗೆಯ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಾಗ ಮಾತ್ರವೇ ನೇರಪಲ್ಲಟವು ಹೆಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಅರೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿ ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಅತೀ ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಸ್ಪಂದನಾಗಂತಿಗಳ ಕೊರತೆಯಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಬಂಧಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಜಗಿಯಲು ಶಕ್ತಿಯು ದೊರಕದೆ ವಸ್ತುವನ್ನು ಅವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನಾಗಿಸುವುದು ಈ ಪ್ರಸಂಗದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತ ವಿಷಯುವಾಗಿದೆ. ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಬಂಧಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ಬಂಧಗೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಬಗೆಯ ಅಚಲ ಬಂಧನದಿಂದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬಂಧನಕ್ಕೂ ಒಳಪಡಬೇಕು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೂ ಆಸ್ಪದ ಕೊಡಬೇಕು. ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮುಕ್ತ ಚಲನೆಗೆ ಆಸ್ಪದವಿರದ ಬಂದನವೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಆಸ್ಪದವೂ ಏಕಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದಾಗಬೇಕು. ಬಂಧನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಚಲನೆಗೆ ಆಸ್ಪದವಿರುವ ಆದರೆ ಮುಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಆಸ್ಪದ ಕೊಡದ 'ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯು' (Forbidden energy band) ವಾಹಕದ ಫರ್ಮಿ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮೇಲು ಮತ್ತು ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಬೇಕು. ಈ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಜೊತೆ ಜೊತೆಗೆ ಚಲಿಸಬೇಕಾದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು

'ಸಂಚಾರಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿ' (Mobile energy gap) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಚಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಫರ್ಮಿ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕೆಳಭಾಗಕ್ಕೂ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯು ವಿಸ್ತರಿಸುವುದರಿಂದ ಆ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿದ್ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಒತ್ತಲ್ಪಟ್ಟು ಆ ಭಾಗದ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಪೌಲಿಯ ವರ್ಜನ ತತ್ವಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವೆನ್ನುವಂತೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ 'ಬೋಸ್ ಕಣ' ಗಳಂತೆ ಒಗ್ಗೂಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಒಗ್ಗೂಡಿಕೆಯಾದರೂ ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ? ಆ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಾದರೂ ಹೇಗೆ ?

ಸ್ಪಂದನಾಗಂತಿಗಳ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಯು ಸಂಚಾರಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರದ ಬೆಲೆಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದಾಗ ಅವುಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚೆದುರುವಿಕೆ ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಚಟುವಟಿಕೆಯೂ ಸ್ಥಗಿತಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಈ ಗುಣವು ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಅಸ್ಥಿತ್ವಗೊಳಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಸಾಧಿತವಾಗಿದೆ.




ಚಿತ್ರ : 8 ಸಂಚಾರಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿ

ಉಷ್ಣಾಂಶವು Tc ಗಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದಾಗ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯ ವಿಸ್ತಾರವು ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. Tc ಗೆ ಸಮವಾಗುವಂತೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ನಿಶಿದ್ಧಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರವು ಕಡಿಮೆಗೊಳ್ಳತೊಡಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು Tc ಬೆಲೆಗೆ ಬಂದಾಕ್ಷಣ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯು ಇಲ್ಲವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬಂಧವಿಲ್ಲದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮರಳುವ ಮೂಲಕ ವಾಹಕವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ.

ಶಕ್ತಿಯ ವಿತರಣಾ ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ $E_F$ ಸ್ಥಿತಿಯು $E_{g/2}$ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭರ್ತಿಗೊಂಡಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕಿರುತ್ತದೆ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಬಗೆಯ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯು ಅಸ್ಥಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವುದೇ? ಇಲ್ಲವೆ ? - ಎಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು ಈ ನಿಟ್ಟಿನ ಚಿಂತನೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಲು ದೃಢೀಕರಣವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯ ಅಸ್ಥಿತ್ವವನ್ನೂ ಮತ್ತು ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯು ಅಸ್ಥಿತ್ವಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡದ್ದಾದರೆ ಪವಾಡರೂಪದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಗುಟ್ಟನ್ನು ಬಯಲಿಗೆಳೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಕೆಂಪುವರ್ಣಾತೀತ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಒಡ್ಡಿ, ವಿಕಿರಣದ ಆವೃತ್ತಿಯನ್ನು ನಿಧಾನಗತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಿಸುತ್ತಾ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರ ಬೆಲೆಗೆ ಕಡಿಮೆಯಿರುವ ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಅಂತಹ ದ್ಯುತಿಗಂತಿಗಳು ವಾಹಕದಿಂದ ಹೀರಲ್ಪಡದೆ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯ ಪಾತಳಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ತರಂಗಶಕ್ತಿಯು $E_g$ ಗೆ ಸರ್ವಸಮಾನವಾದಾಗ ತರಂಗಗಂತಿಗಳು ಹೀರಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

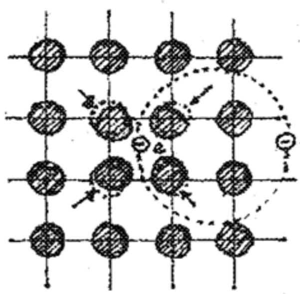
ವಿಕಿರಣ ತರಂಗಗಳ ಈ ವಿಷಮ ಆವೃತ್ತಿಯಿಂದ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯ ಅಡ್ಡವಿಸ್ತಾರ $E_g$ ಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯು ಅಸ್ಥಿತ್ವಗೊಂಡಿರುವುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. BCS ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರವು

$$E_g = 3.5\ k_B T_c$$

ಆಗಿದ್ದು, ಇಲ್ಲಿ $k_B$ ಯು ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ ಸ್ಥಿರಾಂಕವೂ, $T_c$ ಯು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಆಗಿವೆ. ಕೆಲವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ $T_c$ ಮತ್ತು $k_B$ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

| ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ | $T_c$ | $E_g$ ($0^0$kಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ) | |
|---|---|---|---|
| | | BCS ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯ | ಪ್ರಯೋಗದ ಅನ್ವಯ |
| Al | $1.2^0$K | $3.6\times10^{-3}$ev | $3.26\times10^{-3}$ev |
| Sn | $3.73^0$K | $11.2\times10^{-3}$ev | $11\times10^{-3}$ev |
| Hg | $4.15^0$K | $12.5\times10^{-3}$ev | 16.4x1[illegible]ev |
| V | $4.9^0$K | $14.8\times10^{-3}$ev | $14.3\times10^{-3}$ev |
| $P_b$ | $7.19^0$K | $21.7\times10^{-3}$ev | $21.4\times10^{-3}$ev |

ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟೆಯ ಅಡ್ಡವಿಸ್ತಾರವನ್ನು ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯವಾಗಿ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ದೃಢೀಕರಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಸಂಶೋಧನಕಾರರು ಅದು ಅಸ್ಥಿತ್ವವನ್ನು ತಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು.



ಚಿತ್ರ : 9 ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅಸ್ಥಿತ್ವವನ್ನು ತಳೆಯಲು ವಾಹಕದ ಕಣಪಂಕ್ತಿಗಳ ಕರ್ಷಣೆಯು ಕಾರಣವೆಂದು ಕೂಪರ್ ಗ್ರಹಿಸಿದನು. ಕಣ ಪಂಕ್ತಿಗಳ ಶಾಖಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸ್ಪಂದನೆಯು $T < T_c$ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಟವಿದ್ದು, ಅವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದನು. ಅಂತಹ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಕಣಗಳ ಘನಸ್ಥಿತಿಯ ಜಾಳಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಧನವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಹೊತ್ತ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳೊಡನೆ ಕರ್ಷಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಧೃವೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯುಂಟುಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ಅವನ್ನು ಸರಾಸರಿ ಸಮಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ತನ್ನ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಧನವಿದ್ಯುದಾವೇಶೀಯ ಕಣಗಳ ಈ ಬಗೆಯ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ನಿಕಟವಾಗಿ ಧನವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಮತ್ತೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಆಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನಡುವೆ ವಿಕರ್ಷಣೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಜೋಡಿ ಬಂಧನವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಒಟ್ಟಾರೆ ಕೋನೀಯ ಚಲನಪರಿಮಾಣವು ಜೋಡಿಗೊಂಡ ಇನ್ನೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಒಟ್ಟಾರೆ ಕೋನೀಯ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸರ್ವಸಮಾನವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ ಈ ಜೋಡಿಗಳ ಒಟ್ಟಾರೆ ಕೋನೀಯ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣವು ಸೊನ್ನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು $E_g/2 + E_g/2 = E_g$ ನಷ್ಟು ಕುಂದಿ ಅವುಗಳ ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಚಲನೆಯು ಸ್ಥಗಿತಗೊಂಡು ಫರ್ಮಿ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದ ಆಜೂಬಾಜಿನಲ್ಲಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿಯು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಜೋಡಿಗೊಂಡ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು "ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿ" (Cooper Pair) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಇವು ಅತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ತೋರುವ ಆಕರ್ಷಣೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಸರಾಸರಿ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಪಲ್ಲಟಗೊಂಡ ಧನವಿದ್ಯುದಾವೇಶೀಯ ಕಣಗಳಿಂದ ಸ್ಪಂದನಾ ಗಂತಿಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ಅವು ಮತ್ತಷ್ಟು ಕೆಳಸ್ಥಿತಿಗೆ ಇಳಿದಾಗ ಅವುಗಳ ಸ್ಪಂದನೆಯು ಮತ್ತಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಗೊಂಡು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕರ್ಷಣೆಗೆ ಅವಕಾಶವೊದಗುವುದರಿಂದ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಜೋಡಿಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಒಂದೇ ಕಣದಂತೆ ಒಂದೇ ತರಂಗ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಬಂಧ ಶಕ್ತಿಯು $E_b/2 + E_b/2 = E_b$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗೆ ಒಗದಿಸಿದಾಗ ಅವುಗಳ ಬಂಧನವು ಮುರಿದುಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಗೊಂಡ ಕಣಗಳಿದ್ದಾಗ್ಯೂ ಮತ್ತು ಮಲಿನ ಕಣಗಳಿದ್ದಾಗ್ಯೂ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು ಒಟ್ಟಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಜೋಡಿಯೆಂದರೆ, ಅವು ಪರಸ್ಪರ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರಬೇಕಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚಿನ ದೂರ ಬೇರ್ಪಟ್ಟಿರಲೂ ಬಹುದು. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಕೋನೀಯ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ ದಿಶಾಯುಕ್ತಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಬಂಧಗೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಒಂದೇ ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಜೋಡಿಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಸದಸ್ಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಚೆದುರುವಿಕೆಯ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾದರೂ ಬಂಧನದಿಂದಾಗಿ ಅದು ಇನ್ನೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಚೆದುರುವುದಾಗಲೀ, ಉಜ್ಜುಕ್ರಿಯೆಯ ಶಕ್ತಿನಷ್ಟವುಂಟುಮಾಡುವುದಾಗಲೀ, ಚಲನೆಯ ಗತಿಯನ್ನು ಬದಲಿಸುವುದಾಗಲೀ ಅದರಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿಳಂಬದ ನೇರಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರದ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ಪ್ರವಾಹವು ಶಕ್ತಿನಷ್ಟವಿಲ್ಲದ ಮತ್ತು ರೋಧತ್ವವೇ ಇಲ್ಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಹೊರತಾದ ಇನ್ನಾವುದೇ ಸರಳ ಚಿಂತನೆಯು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರಿಬಂದಿತು.

ಉಷ್ಣಾಂಶ Tc ಗಿಂತ ಕೆಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಹೊಮ್ಮಿದ ಸ್ಪಂದನಾಗಂತಿಯು ಇನ್ನೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟಾಗ ಆ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ. ಹೆದ್ದಾರಿಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಕಾರುಗಳು ವೇಗದ ಸ್ಪರ್ಧೆಗಿಳಿದಾಗ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ನಿಕಟವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ಸಮೂಹವು ವಾಹಕದೊಳಗೆ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾರಿನ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಅದಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಬೇಧಿಸಿಕೊಂಡು ಮುನ್ನುಗ್ಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಅದರ ಹಿಂದೆ ನಿರ್ವಾತ ಸ್ಥಳವೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾರು ಆ ನಿರ್ವಾತ ಜಾಗದ ಕಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಮೊದಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ನಿಕಟಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಸೆಳೆಯುತ್ತಾ ಮುಂದೆ ಮುಂದೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಪಲ್ಲಟಗೊಂಡ ಧನಕಣಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಯಾಗಿದ್ದ ಕಣಗಳೂ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಸಜ್ಜುಗೊಳ್ಳುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚೆದುರುವಿಕೆಗೆ ಆಸ್ಪದ ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಚಲನೆಗೆ ಅವಶ್ಯಕವಿರುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸ್ಪಂದನಾಗಂತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆಡವಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅತಿರಿಕ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸ್ಪಂದನಾಗಂತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಇದರೊಂದಿಗೆ 'ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿ' ಯಾಗಿ ಬಂಧಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದೊಳಗೆ ತಮ್ಮ 'ಸಂಚಾರಿ ನಿಶಿದ್ಧ ಪಟ್ಟೆ' ಯನ್ನೂ ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುತ್ತವೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶ ಅಥವಾ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಪಲ್ಲಟವು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಗೊಳ್ಳತೊಡಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲವಾದ ಅತಿರಿಕ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದು ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೆ ಅಡಚಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವಾಹಕವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕಡೆಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಯ ಉತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು Tc ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, Hc ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ Jc ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಗಮನಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಮುನ್ನ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಕೋನೀಯ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಸಮವಿದ್ದು, ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ನೇರದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕೇಂದ್ರದ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣವು

ಸೊನ್ನೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೊರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ E ನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಎಲ್ಲಾ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳೂ ಈ ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ನೇರದ ಚಲನೆಗೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನೇರದ ವೇಗ $V_D$ ಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ತತ್ಫಲವಾಗಿ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ

$$\Delta E = 2\,(mV_D^2 / 2)$$

ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ಬಂಧನಶಕ್ತಿ $E_b$ ಯನ್ನು ಮೀರಿದಾಗ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು ಬೇರ್ಪಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವಾಹಕವು ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುವ ನಿರ್ಬಂಧವನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು.

$$2\,(mV_D^2 / 2) \geq E_{g/2} \Rightarrow V_D = \sqrt{E_g / 2m}$$

ಆಗ ವಿಷಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

$$J_c = e\,n_s V_D = e\,n_s \sqrt{E_g / 2m}$$

ಇಲ್ಲಿ $n_s$ ಎಂಬುದು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$E_g = 5 \times 10^{-4}$ eV, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ ಕೂಲಂಬ್, $n_s = 10^{24} / m^3$, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg. ಆಗಿರುವಾಗ $J_c = 10^9$ A/m ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು

$$H_c = \sqrt{n_s E_g / 2\mu_0} \approx 10^4 \text{ A/m}$$

ಬೆಲೆಯನ್ನು ತಲುಪಿದಾಗ ಇದನ್ನು ವಿರೋಧಿಸಲು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಪಾತಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ

$$J_c = 2\pi\, r.\, H_c$$

ಯು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿರುವಂತೆ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಯ ಬಂಧವನ್ನು ಮುರಿಯುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ r ಎಂಬುದು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಅಡ್ಡವಿಸ್ತಾರದ ತ್ರಿಜ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ

ಸಂಬಂಧಗಳು ದೊರಕಿಸುವ ಬೆಲೆಗಳು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ಒಡಂಬಡುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಯು ಬೇರ್ಪಡಲು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಬಲದ ಮಹತ್ವವೇ ಕಾರಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು ಸಮಾನ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾದ ಕೋನೀಯ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಅವು ಪರಸ್ಪರ ದೂರವಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಜನ ಸಮೂಹದಲ್ಲಿ ಗಂಡ ಮತ್ತು ಹೆಂಡತಿ ಪರಸ್ಪರ ಬೇರೆಯಿದ್ದಾಗಲೂ ಅವರ ಬಾಂಧವ್ಯವು ಉಳಿದಿರುವಂತೆ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ಬಂಧನವೂ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಆ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬೋಸ್‌ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಶಕ್ತಿಗಿಂತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು 'ಬೋಸ್‌ಕಣ' ಸ್ವಭಾವದ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ನಡವಳಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಕಣಪಂಕ್ತಿಯು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಂತೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವುದೇ ವಿನಃ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ನೇರ ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳಿಂದ ಕಣ ಪಂಕ್ತಿಯು ಬಾಧೆಗೊಳಗಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶ $T_c$ ಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲದೊಡನೆ ನೇರವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಂಡಿರುವುದನ್ನು BCS ಸಿದ್ಧಾಂತವು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯ

$$T_c = \theta e^{-1/g}$$

ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, $\theta$ ಸಂಕೇತವು ಡೀಬೈ ಉಷ್ಣಾಂಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು g ಯು ½ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಮೀರದ ಸ್ಥಿರಾಂಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನಡುವಿನ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. $\theta = 500^0K$ ಮತ್ತು $g = 1/3$ ಆಗಿದ್ದಾಗ ವಾಹಕದ ಗರಿಷ್ಠ ಸಾಧ್ಯ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶವು

$$T_c = \theta e^{-3} = 0.05\theta = 25^0K$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವುದು ತಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಪ್ರಪಂಚದ ಹೆಸರಾಂತ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ $T_c = 25^0K$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಹಲವಾರು ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಕಗಳನ್ನು ತಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ ಅದು BCS ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರತಿಪಾಧನೆಯನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಸಂಶೋಧನಾ ಕಾರ್ಯವು ನಿಯಂತ್ರಿತ ಶಾಖಾಣು ಕೇಂದ್ರೀಯ ಬೆಸುಗೆ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ಶ್ರಮಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. $T_c$ ಯ ಗರಿಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯ ಬೆಲೆಯು $25^0K$ ಮಾತ್ರವೇ ಎಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಅಂಶವು BCS ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನ್ಯೂನತೆಯಾಗಿ ತೋರಿಬಂದಿದೆ.

## ಅಧ್ಯಾಯ - ೬

# ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು, ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆ ಮತ್ತು ಮುಂದುವರಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ರೂವಾರಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬನಾದ ಫೆಲಿಕ್ಸ್‌ಬ್ಲೋಚ್ "ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ" ಎಂದು ಹೇಳುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ 1957 ರಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದ BCS ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಈ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲ ನಿಯಮಗಳ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲೇ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ದೊರಕಿಸಿತು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಕಾರಣಸಹಿತ ವಿವರಿಸಿದ ಲೇಖನಗಳು ಪ್ರಕಟಗೊಂಡವು. ಆದರೆ ಈ ತೆರೆಯನ್ನು ಸರಿಸಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ ಎಂದು 1986 ರಲ್ಲಿ ಪರಿಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. ಇಂತಹ ಸಾಧನೆಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಗೂಢ ಸತ್ಯಗಳು ಬುದ್ಧಿವಂತಿಕೆಯ ಕಲ್ಪನಾ ಯೋಜನೆ ಮತ್ತು ಸಾಧನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಪದ್ಭರಿತ ಸಾಮ್ರಾಜ್ಯವಾಗಿ ತೋರಿ ಬರುತ್ತದೆ.

ನೈಯೊಬಿಯಂಗೆ $T_c = 9.2^0K$ ಎಂದು ಬರ್ಲಿನ್‌ನ ವಾಲ್ಟರ್ ಮೀಸ್ನರ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹಸಂಶೋಧಕರು ಪರಿಶೋಧಿಸಿದರು. ಅಂದಿನವರೆಗೆ ಇದೇ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. 1940 ರಲ್ಲಿ ಲೋಹ ಸಂಯುಕ್ತ NbC ಗೆ $T_c = 10.1^0K$ ಎಂದೂ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. 1954 ರಲ್ಲಿ $Nb_3Sn$ ಗೆ $T_c = 18^0K$ ಎಂದೂ, 1973 ರಲ್ಲಿ $Nb_3Ge$ ಗೆ $T_c = 23.2^0K$ ಎಂದೂ ಪರಿಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. 1986 ರ ಕೊನೆಯ ವೇಳೆಗೆ 'ನಿರೀಂದ್ರಿಯ ಅಲೋಹಗಳು' (Ceramic Materials) ಆಕ್ಸೈಡ್ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಾಗುವುದನ್ನು ನಾಟಕೀಯವಾಗಿ ಸಂಶೋಧಿಸಿದರು. ಲ್ಯಾಂಟಾನಂ-ಬೇರಿಯಂ - ತಾಮ್ರದ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಒಳಗೊಂಡ ವಾಹಕಕ್ಕೆ $T_c = 35^0K$ ಎಂದು ಮೊದಲಿಗೆ ಅಲೆಕ್ಸ್ ಮುಲ್ಲರ್ ಮತ್ತು ಜಾರ್ಜ್ ಬೆಡ್‌ನಾರ್ಜ್ ಜೂರಿಚ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿದರು. ಪೌಲ್ ಚು ಮತ್ತು ಆತನ

ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ವೈಟ್ರಿಯಂ - ಬೇರಿಯಂ - ತಾಮ್ರದ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ನಿಂದಾದ ವಾಹಕಕ್ಕೆ $T_c = 91^0K$ ಎಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದರು. $T_c$ ಬೆಲೆಯು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಅವುಗಳ $H_c$ ಬೆಲೆಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುವುದೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. $T_c$ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಕಂಡಂತೆಲ್ಲಾ ಅವುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಬಳಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳೂ ಹೆಚ್ಚತೊಡಗಿದವು. ಅಣುವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವಿರುವ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಕಾಂತಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದರಿಂದ ಹಿಡಿದು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುವ ವಾಹಕ ತಂತಿಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಕೆಮಾಡುವವರೆಗೆ ಈ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು.

ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಹೌಸ್ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪೌಲ್ ಚು ಮತ್ತು ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು $T_c = 30^0K$ ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶೋಧನೆಯಿಂದ ಸ್ವಯಂ ಪ್ರೇರಣೆಗೊಂಡು 1986 ರಲ್ಲಿ $T_c = 91^0K$ ಬೆಲೆಯ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಸಂಶೋಧಿಸಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಾಹಕವನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸುಧಾರಣೆ ಮಾಡಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $93^0K$ ಗೆ ಏರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪುನರಪಿನಡೆಸಿ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ದಾಖಲಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಜಪಾನಿನ ಟೋಕಿಯೊ ಮತ್ತು ಚೀನಾದ ಬೀಜಿಂಗ್‌ನಲ್ಲೂ ನಡೆಸಿ $T_c = 90^0K$ ಗಿಂತ ಮೇಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದೆಂದು ಖಚಿತಪಡಿಸಿದರು.

ನಂತರದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ $YBa_2Cu_3O_7$ ಸಂಯುಕ್ತದ $T_c = 91^0K$ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಮೀರುವ $HgBa_2Ca_{22}Cu_3O_8 + x$ ವಾಹಕಕ್ಕೆ $T_c = 133^0K$ ಎಂದೂ ಸಂಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಯು ಇನ್ನೂ ಅಂತ್ಯವನ್ನು ಕಂಡಿಲ್ಲ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯು ದ್ರವ ಅಮೋನಿಯಾ ಉಷ್ಣಾಂಶ $234^0K$ ನಲ್ಲೂ, ಅಂದರೆ $-40^0C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಪರಿಶೋಧನೆಯು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮುಂದುವರಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶವಾಗುಳ್ಳ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುವುದನ್ನೇ ಅತ್ಯಂತ ಕಾತರದಿಂದ ಎದುರು ನೋಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಾಧನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅಂಗೀಕಾರಾರ್ಹ ಮಾದರಿಯು ಲಭ್ಯವಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವೂ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳ ಕಾರ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಂದಲೇ ಅಸ್ತಿತ್ವಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ BCS ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಮಾನ್ಯವಿದೆ. ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಕಣಪಂಕ್ತಿಯ

ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಮತ್ತಿನ್ನಾವ ಚಟುವಟಿಕೆಯು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿ ಅಥವಾ ನೇರವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಸನ್ನದ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ ? ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆಯೂ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಚಿಂತಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಅದೃಶ್ಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯು ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾದರೆ, ಅಂತಹ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಮತ್ತಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣಾ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೂ ಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಜೋಡಿಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಬೇಕು. ಕಾರ್ಯ ಸನ್ನದ್ಧ ಕದುರೆಗಳಂತಹ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು ದ್ರವ ಸಾರಜನಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವರ್ಗಾವಣೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಪಡೆದು ವಿಪುಲ ಕೈಗಾರಿಕಾ ಮತ್ತು ವೈದ್ಯಕೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ, ಗಣಕಯಂತ್ರ ಕಾರ್ಯ ಇತ್ಯಾದಿ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತವೆಯೆ? ಈ ಲಭ್ಯತೆಯು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದಾಗ್ಯೂ ಆ ಸಾಧನೆಗೆ ಕೆಲವು ತೊಡಕುಗಳಿವೆ. ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೂ ಅದರ ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯೂ ಬದಲಾಗಬಾರದು. ಇದು ಈಡೇರಬೇಕಾದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ Tc ಯು ತೀಕ್ಷ್ಣ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಬಾರದು. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ವಿಷಮ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ತೀವ್ರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದಿರುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚದರ ಮೀಟರ್ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರದಲ್ಲಿ $10^9$ ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ್ಯೂ ಅದರ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಿಸದೆ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಮಾಣವು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಗಣೆಗೆ ಅವಶ್ಯಕವಿರುವ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚೇ ಆಗಿದೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಘನಸ್ಥಿತಿಯ ಪ್ರಾಬಲ್ಯ (Strength) ವು ಅವುಗಳ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬಳಕೆಗೆ ಅಡ್ಡಿಯುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೊಸ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ತಂತಿಗಳಾಗಿ, ಸುರುಳಿಗಳಾಗಿ ರೂಪಿಸಿದಾಗ ಅವು ಮುರಿದುಹೋಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಇಲ್ಲದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ನಿರೀಂದ್ರಿಯ ಅಲೋಹ (Ceramic) ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಸುರುಳಿಗಳಾಗಿ ಮತ್ತು ತಂತಿಗಳಾಗಿ ರೂಪಿಸಬಹುದು. ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾಗದೆ, ಅವು ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೇ ಮುರಿಯುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಗುಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ.

ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಮೀರಿ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದೆ. ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲೇನಾದರೂ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಲಭ್ಯವಾದಲ್ಲಿ ಪ್ರಪಂಚದ ಇಡೀ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ತ್ವರಿತಗತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಭಾರ ಎತ್ತುವ ಯಂತ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕುಲುಕದೆ ಇರುವ ಪರಮವೇಗದ ಹಳಿಬಂಡಿ, ಶಕ್ತಿನಷ್ಟವಿಲ್ಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರೈಕೆ, ಇವೆಲ್ಲವೂ ಪ್ರಗತಿದಾಯಕ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಾಗಿವೆ. ಇವನ್ನು ಒಂದೊಂದನ್ನಾಗಿ ವಿವರಿಸೋಣ.

ಫ್ಯಾರಡೆ ನಿಯಮದ ಅನ್ವಯ, ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಿದಾಗ ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ಇತರೆ ಕಾಂತಗಳಿಂದ 2 ಟೆಸ್ಲಾದಷ್ಟು ಗರಿಷ್ಠ ಸಾಧ್ಯ ಕ್ಷಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನ ಮಾತ್ರವೇ ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಖರತೆಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವುಂಟುಮಾಡಲು ಸುರುಳಿರೂಪದ ವಿದ್ಯುತ್ ಹೊತ್ತ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಕಾಂತಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿದೆ. ಸುರುಳಿಯ ವಾಹಕವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ $I^2R$ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶಾಖರೂಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯಯಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಜೌಲ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಾಖವನ್ನು ಹೊರದೂಡಲು ಭಾರೀಗಾತ್ರದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಹಕಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಸುರುಳಿಯನ್ನೇನಾದರೂ ಮಾಡಿದಲ್ಲಿ ರೋಧತ್ವವನ್ನೇ ಉಂಟುಮಾಡದ ಅವುಗಳಿಂದ ಜೌಲ್ ಪರಿಣಾಮದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದೂ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟವಿಲ್ಲದ್ದರಿದ್ದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಖರತೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಇವುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸುರುಳಿಗಳ ಒಳಕೇಂದ್ರ (Core) ದಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಂತದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡಿ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಸುರುಳಿಯಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಕಾರ್ಯಗತಿಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ $10^4$ ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು. $Nb_3Sn$ ನಿಂದ ಮಾಡಿದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸುರುಳಿಯ ಕಾಂತಗಳು $6x10^6$ ಆಂಪಿಯರ್ / ಮೀಟರ್ ಪ್ರಖರತೆಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಲ್ಲವಾಗಿವೆ.

ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ಅತಿತ್ವರಿತವಾದ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಶೇಖರಿಸುವ ಮತ್ತು ಬೇಕೆಂದಾಗ ಪುನರುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿರುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಸುವುದರಿಂದ ಅವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಚ್ಛಕ್ತಿ ಸಾಗಣೆಯ ತಂತಿಗಳಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿದ್ದೇ ಆದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಗಣೆ ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರ ವಾಗಲೀ, ಶಾಖದ ನಷ್ಟವಾಗಲೀ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರೀ ಗಾತ್ರಗಳ "ವಿಭವವ್ಯತ್ಯಯಕಾರಿಗಳನ್ನು" (Transformers) ಬಳಕೆ ಮಾಡುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯು ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಈಗ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಸಾಗಣೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ನಿಯಂತ್ರಕಗಳು (Grids) ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ 'ವಿಭವ ವ್ಯತ್ಯಯಕಾರಿ' ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಗಣೆ ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಜೌಲ್ ಶಕ್ತಿ ವ್ಯಯವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣ, ವಿಭವವ್ಯತ್ಯಯಕಾರಿಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ನೂರುಪಟ್ಟು ಅಥವಾ ಸಾವಿರಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅದೇ ರೀತಿ, ಗೃಹ ಮತ್ತು ಔದ್ಯಮಿಕ ಬಳಕೆಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲೂ ಸಹ ವಿಭವ ವ್ಯತ್ಯಯಕಾರಿಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ಮಿತವ್ಯಯವನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಮಾಡಬಹುದು.

ಕಾಂತವಾಗಲೀ, ವಿದ್ಯುತ್ ಹೊತ್ತ ಸುರುಳಿಯಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಾಗಲೀ ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಪ್ರಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಕಾಂತದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬಲಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತದ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿರುದ್ಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬಲಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲೆಡೆ ಸಮವಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡೂ ಧ್ರುವಗಳು ಸಮಾನ ಬಲದ ಅನುಭವ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಕಾಂತವು ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಎಲ್ಲೆಡೆ ಭಿನ್ನಭಿನ್ನ ಪ್ರಖರತೆಯುಳ್ಳ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವಾಗಲೀ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವಾಗಲೀ ಕ್ಷೇತ್ರವು ದುರ್ಬಲಗೊಳ್ಳುವ ಕಡೆಗೆ ಕಡಿಮೆ ಬಲಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಪ್ರಬಲಗೊಳ್ಳುವ ಕಡೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಲಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ

ಗುರಿಯಾಗುವುದರಿಂದ ಕಾಂತವಾಗಲೀ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೊತ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಸುರುಳಿಯಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಾಗಲೀ ದುರ್ಬಲಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಪ್ರಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವ ಉದ್ಯುಕ್ತತೆಯನ್ನು ತೋರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಕಾಂತದ ಮೇಲೆ ಇರಿಸಿದ್ದಾಗ ಅದರ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅಡ್ಡಕಾಂತಗುಣದಿಂದ ಸಜಾತಿ ಕಾಂತಧೃವವನ್ನು ಕಾಂತದ ಕಡೆಗೆ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ತನ್ನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಗೊಂಡ ಕಾಂತೀಯ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿರೋಧಿಸಲು ಅದರ ಪಾತಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ವಿರುದ್ಧ ಕಾಂತೀಯ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡ ತೊಡಗಿ ಸಜಾತಿಯ ಕಾಂತ ಧೃವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 'ಕಾಂತೀಯ ದರ್ಪಣ' ದ (Magnetic Mirror) ಉತ್ಪಾದನೆ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿಕರ್ಷಿಸಲು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಆದರ್ಶ ಅಡ್ಡಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮೀಸ್ನೆರ್ ಪರಿಣಾಮವೆನ್ನುತ್ತೇವೆಂದು ಹಿಂದೆ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವು ಕಾಂತದಿಂದ ವಿಕರ್ಷಣೆಗೊಂಡು ಕಾಂತದ ಸಂಪರ್ಕವೇ ಇಲ್ಲದಂತೆ ತೇಲುಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು 'ಕಾಂತೀಯ ಉದ್ಧರಣ' (Magnetic Levitation) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಕಾಂತೀಯ ಉದ್ಧರಣದಿಂದ ಉಜ್ಜು ನಷ್ಟವನ್ನು ಕನಿಷ್ಠಗೊಳಿಸುವ ತಿರುಗುಂಡುಗಳ (Bearings) ಮೇಲೆ ಸುತ್ತುವ ಚಕ್ರಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ ಚಲನೆಗೆ ಅವಶ್ಯವಿರುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಭಾರವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತೇಲು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಿಸಿ, ಸಾಗಣೆ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಹಿಡಿದು ಕಾರ್ಖಾನೆಯ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಏರಿಳಿಸುವ ಕಾರ್ಯಗಳವರೆಗೆ ಕಾಂತೀಯ ಉದ್ಧರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಬಳಕೆಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದ ಹಳಿಬಂಡಿ ಮತ್ತು ಚಕ್ರಗಳನ್ನು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಉತ್ಪಾದನೆಯಿಂದ ತೇಲು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಿಸಿ ಉಜ್ಜುನಷ್ಟವಿಲ್ಲದಂತೆ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ಇಂದಿನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಾಗಣೆಯಿಂದ ಭರಿಸಬೇಕಾದ ದುಬಾರಿ ಖರ್ಚನ್ನೂ, ಇಂಧನ ವ್ಯಯವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಕಲುಷಿತ ವಾತಾವರಣಗಳನ್ನೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಅತೀ ಕೆಳಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಈ ಪ್ರಯತ್ನವು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಇಡೀ ದೂರದವರೆಗೆ ಅಂತಹ ಕೆಳಉಷ್ಣಾಂಶ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅತ್ಯಂತ ದುಬಾರಿ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ನುಸುಳಿಕೆ ಕಾರ್ಯವು ದೃಗ್ಗೋಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಸಂಗವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ನುಸುಳಿಕೆ ಪ್ರಸಂಗವು ದೃಗ್ಗೋಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ತರಂಗ ಸ್ವಭಾವದಿಂದ ನಡೆಯುವ ಕಾರ್ಯಗತಿಯು ನುಸುಳಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. 'ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಸೀಮಾ ತಡೆ' (Potential barrier) ಯಿಂದಾಗಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಅನ್ವಯ ನಿಶಿದ್ಧ ಸ್ಥಳಭಾವವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನುಸುಳಿ ಚಲಿಸುವ ಮೂಲಕ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಜರುಗುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ನಡುವೆ ಇರಿಸಿದ ತೆಳು ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನೆಗೆ ಸೀಮಾತಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಗಳು ನುಸುಳುವುದನ್ನು 1962 ರಲ್ಲಿ ಬ್ರಿಯಾನ್ ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಕಂಡುಕೊಂಡನು. $10A^0$ ನಿಂದ $20A^0$ ನಷ್ಟು ದಪ್ಪವುಳ್ಳ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಪೊರೆಯಿಂದಾದ ಈ ಸೀಮಾ ತಡೆಯ ಮೂಲಕ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವಿಲ್ಲದೆ ನುಸುಳಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು "ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಪರಿಣಾಮ" ವೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನಡವಳಿಕೆಗೆ ಇದು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ವಿಷಮ ಬೆಲೆ $J_c$ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಬೆಲೆಯು ಬಳಕೆಯಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕದ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಜೋಡಣಾ ತಾಣದ ರೇಖಾ ಗಣಿತೀಯ ವಿನ್ಯಾಸದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪೊರೆಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯು $J_c$ ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುವವರೆಗೆ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಯಾವುದೇ ರೋಧತ್ವವಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಪೊರೆಯ ಎರಡೂ ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರವೇರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಲು ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಿಸಿದ ಸಾಮಾನ್ಯ ತಂತಿಗಳ ಸುತ್ತ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆ $H_c$ ಯು $J_c$ ಯನ್ನು ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯು $J_c$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳು ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ಸಾಮಾನ್ಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಾದಾಗ ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಪೊರೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

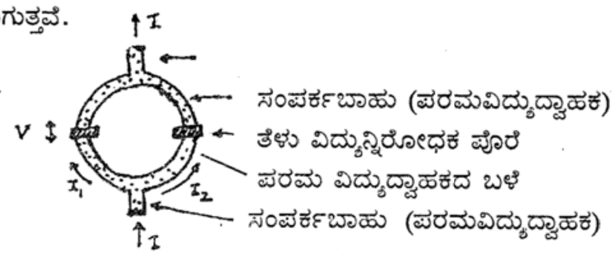
ಸಾಮಾನ್ಯ ಅರೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವಿದ್ಯುತ್ ಪಥಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಹತ್ತು ಪಟ್ಟು ಕ್ಷಿಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಜೋಡಣಾ ತಾಣವು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಗುಣವು ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಗಣಕ ಯಂತ್ರವು ಸೊನ್ನೆ - ಒಂದರ ಏರಿಳಿತದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಗಳ ನಿರಂತರ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಜೋಡಣಾತಾಣದ ವಿದ್ಯುದ್ವಹನ ದರದ ಮೇಲೆ ಗಣಕ ಯಂತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಜೋಡಣಾ ತಾಣದ ಸಾಟಿಯಿಲ್ಲದ ಕ್ಷಿಪ್ರಕಾರ್ಯ ದಕ್ಷತೆಯಿಂದಾಗಿ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಆದರ್ಶಕಾರ್ಯ ಸಾಧನಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿರುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಗೊಳಿಸಬಲ್ಲವಾಗಿವೆ.

ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಅತಿ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ದುರ್ಬಲಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಳಕೆ, ಅದರ ನಿಯಂತ್ರಣ, ಅದರ ಅಳತೆ ಕಾರ್ಯಗಳು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಫರ್ಮಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಮೂಲಕಣಗಳಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಇನ್ನಿತರೆ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶೀಯ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಇಂತಹ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶವನ್ನು ಮೂಲ ಪ್ರಮಾಣವೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಿ ಗಂತೀಕರಿಸಿದಂತೆಯೇ ಕಾಂತಬಲರೇಖೆಗಳೂ 'ಹೊನಲಗಂತಿ' ಗಳಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವಗೊಂಡಿವೆಯೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

'ಕಾಂತೀಯ ಹೊನಲಗಂತಿ' $= h / 2e = 2 \times 10^{-15}$ ಟೆಸ್ಲಾ/ಮೀ$^2$

ಈ ಬಗೆಯ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಇದರ ಭಿನ್ನಾಂಶವನ್ನಾಗಲೀ ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಪತ್ತೆಮಾಡಬಹುದು. ಮಾಪನೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದ ದುರ್ಬಲಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಈಗ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಶಾಖವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಜೋಡಣಾ ನಮೂನೆಯಲ್ಲಿ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳ 'ಸ್ಮರಣ' (Memory) ಮತ್ತು 'ಕಾರ್ಯಚಾಲನ' (Processing) ಮೂಲಧಾತುಗಳಾಗಿ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

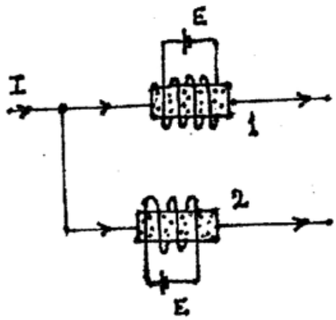



ಚಿತ್ರ : 10 ಸ್ಕ್ವಿಡ್

ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಉಂಗುರದ (ಬಳೆ) ವ್ಯಾಸ ನೇರವೊಂದರಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸಂಪರ್ಕಬಾಹುಗಳನ್ನೂ, ಈ ವ್ಯಾಸ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ವ್ಯಾಸ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬಳೆಯನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿ ಮತ್ತೆ ತೆಳುವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕಗಳನ್ನಿರಿಸಿ ಬಿಗಿಪಡಿಸಿದಾಗ ಆ ಎರಡು ಭಾಗಗಳು ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಜೋಡಣಾಂಗಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ. ತೆಳು ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಪೊರೆಗಳು ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಲು ಆಸ್ಪದಕೊಡುವುದರಿಂದ ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿಗಳಿಗೆ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣ, ಈ ಜೋಡಣಾಂಗಗಳೂ (Junctions) ಸಹ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಂತೆ ಕಾರ್ಯವೆಸಗುತ್ತವೆ. ಬಳೆಯ ಒಳವಲಯದ ಮೂಲಕ ಕಾಂತೀಯ ಹೊನಲನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ ಕಾಂತ ಹೊನಲು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗದೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಈ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಹೊನಲ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು "ಹೊನಲಗಂತಿ" (Fluxon) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಒಂದು ಹೊನಲ ಗಂತಿಯು ಹೆಚ್ಚುವರಿಗೊಂಡಾಗ ಜೋಸೆಫ್‌ಸನ್ ಜೋಡಣಾಂಗದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಪ್ರೇರಣೆಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹರಿಯಬಿಡಲು ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಪೊರೆಯು ರೋಧತ್ವವನ್ನು ತರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣ, ಜೋಡಣಾಂಗವು ಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಕಾಂತೀಯ ಹೊನಲು ಆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ವಂಕಿಯ ಒಳವಲಯದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒಳ್ಳೆಯ ಕಟ್ಟುಪಾಡಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಾರಿಗೆ ಒಂದು ಹೊನಲಗಂತಿಯು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗುವಂತೆ ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಬದಲಾದ ಹಂತಗಳನ್ನು ಎಣಿಕೆ ಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ವಂಕಿಯ ಒಳಮುಖದಲ್ಲಿ ಹಾದುಹೋದ ಹೊನಲಗಂತಿಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದು ನಿಖರವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಕ್ಕೆ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ವಂಕಿಯು ಕಾಂತಹೊನಲನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಬಳಕೆಯಾದರೆ ಅದನ್ನು "ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಂಘಟ್ಟನಾ ಸಾಧನ" (SQUID, Super conducting quantum interference device) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮೆದುಳು ಹೊಮ್ಮಿಸುವ ಅತಿ ದುರ್ಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಮಿಡಿತಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಇವು ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮನೋಗತವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವ ಸಾಧನವನ್ನಾಗಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದು ಇದರ ವಿಲಕ್ಷಣಗುಣವಾಗಿದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕ ಜಾಲದ ಹೂಡಿಕೆಬದಿ (Input side) ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಗಳಿಕೆಬದಿ (Output side) ಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ನಾಲ್ಕು ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳುಳ್ಳ ಕ್ರಯೋಟ್ರಾನ್ (Cryotron) ನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲು ಪರಮವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಸ್ಥಿರ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಶ್ರವಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿ (Audible range) ಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವ ಅಧಿಮಿಶ್ರಕ (Modulator) ಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆ ಹೊಂದುವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ಉಷ್ಣಾಂಶದೊಡನೆ ಸರಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವೃತ್ತಿಯ ಅಧಿಮಿಶ್ರಿತ ಸ್ಪಂದನೆಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಬಳಕೆಯಾಗುವ ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಿ (Rectifier) ಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಸಾಧನಗಳಾಗಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳು ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕಚಾಲಕ (Contact switch) ಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕ ಚಾಲನ ಕಾರ್ಯ (Switch on) ಮತ್ತು ಸಂಪರ್ಕ ಕಡಿತ ಕಾರ್ಯದ (Switch off) ಕಾರ್ಯಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಛಾಪ (Spark) ಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ನಷ್ಟವನ್ನು ತಡೆಯಲು ಸಂಪರ್ಕ ರಹಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ (Non contact switches) ಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಸಾಧನಗಳಿಗೆ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಎರಡು ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಎರಡೂ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಸೇರ್ಪಡೆ ಮಾಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಡಿತ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಿಸಿ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಪರಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಿಸುತ್ತಾರೆ. ವಾಹಕವನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಶಾಖೋತ್ಪನ್ನ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ



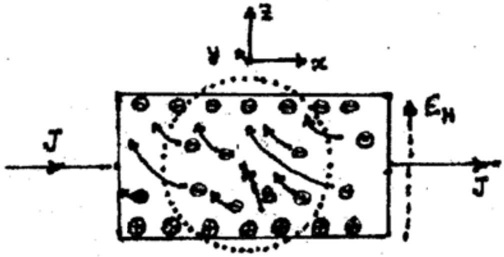
ಚಿತ್ರ : 11 ಸಂಪರ್ಕ ಚಾಲಕಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭವದಿಂದ ಶಾಖವನ್ನು Tc ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಸಂಪರ್ಕ ರಹಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಡಿತ ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು.

ಈವರೆಗೂ ವಿವರಿಸಿದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಹಲವು ಪ್ರಸಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ. ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳೇನಾದರೂ ದೊರೆತರೆ, ಅವು ನಿತ್ಯಚಟುವಟಿಕೆಯ ಬಹುತೇಕ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅಸ್ಥಿತ್ವ ಪಡೆಯುವ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರವೇ ಆದ್ಯತೆಕೊಡುವುದು ಸಾಧುವಲ್ಲ. ಲಭ್ಯವಿರುವ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಬಳಕೆಯಿಂದಲೇ ಊಹೆಗೂ ಮೀರಿದ ಸಾಧನೆಗಳು ಕೈಗೂಡುವುದಾದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವರದಾನಿತ ದ್ರವ್ಯಗಳ ಈ ನಿಗೂಢವನ್ನು ಕಂಡು ಕೊಂಡದ್ದೂ ಸಾರ್ಥಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಶೋಧಕರು ತಮ್ಮ ಜೀವನವನ್ನೇ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಂಡದ್ದು ಮಾನವ ಕಲ್ಯಾಣಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯ ಬಲಿದಾನವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ.

ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್‌ನನ್ನು ರೂವಾರಿಯಾಗಿಸಿದ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಪ್ರಕರಣವು ಆತನ ನಂತರ ಒಂಭತ್ತಕ್ಕೂ ಮೇಲ್ಪಟ್ಟು ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತರನ್ನು ಹುಟ್ಟು ಹಾಕಿತು. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಇನ್ನೂ ಮುಂದುವರಿಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇದೆ. ಅದನ್ನಿನ್ನೂ ಕಾದುನೋಡಬೇಕಿದೆ. ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ, ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಮುಂದುವರಿದ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಬೇಕಾದರೆ "ಹಾಲ್‌ಪರಿಣಾಮ" (Hall effect) ದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯುವುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯವಾಗಿದೆ. ಜಾನ್ ಹಾಪ್‌ಕಿನ್ಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಹೆನ್ರಿ ಎಂ. ರೋಫ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್‌ನ ಶಿಷ್ಯನೂ, 24 ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸಿನ ಯುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯೂ ಆಗಿದ್ದ ಎಡ್ವಿನ್ ಹೆಚ್. ಹಾಲ್ (ಕ್ರಿ.ಶ. 1855 - 1938) ತನ್ನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ದೆಶೆಯಲ್ಲೇ, ಅಂದರೆ 1879 ರಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದರಿಂದ ಈ ಹೆಸರು ಬಂದಿತು.

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಲೋಹಗಳು ಉತ್ತಮ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳೂ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣವಾಹಕಗಳೂ ಆಗಿದ್ದು, ವಿದ್ಯುದೀಯವಾಗಿ ತಟಸ್ಥ ದ್ರವ್ಯಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ವಾಹಕದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಣುವೂ ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸಮಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯ ಲೋಹ ಬಂಧನದಿಂದಾಗಿ ಅಣುಗಳು ಹರಳ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಾಗ ಅವುಗಳ ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು



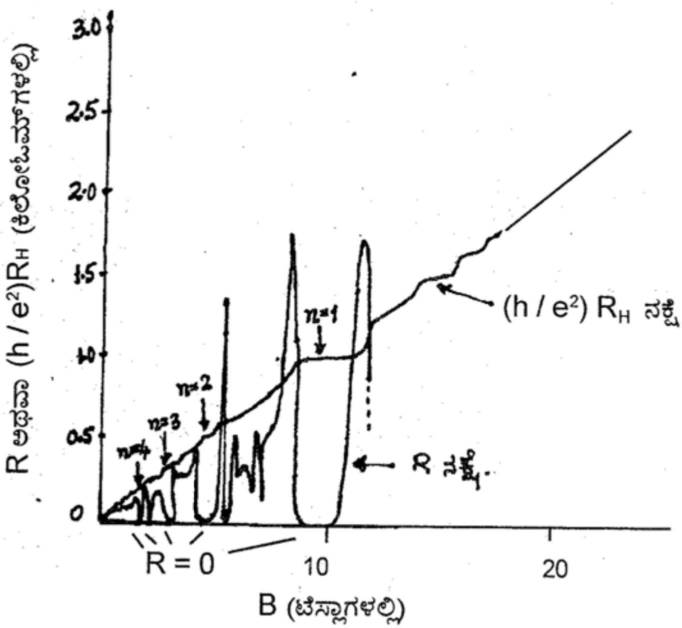

ಚಿತ್ರ : 12 ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮ

ಆಯಾ ಅಣುಗಳಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿ ಲೋಹ ಜಾಳಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಘವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಈ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಕಳೆದುಕೊಂಡ ಅಣುಗಳು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳಾಗಿ ಬಂಧಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಲೋಹದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮೇಲು ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆ ಜಿಗಿದು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿ ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಧನಕಣಗಳಿಗೆ ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದನೆಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ಪಂದನೆಯು ಅವುಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ಚೆದುರುವಿಕೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಅಡ್ಡ ವಿಸ್ತಾರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದ ಅವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಚಲನೆಗೆ ಅಡ್ಡಿಯುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಚೆದುರಿಸುವ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳ ಚಲನ ನೇರವನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇವೇ ಧನಾವೇಶೀಯ ಕಣಗಳು ಹೊಮ್ಮಿಸುವ "ಸ್ಪಂದನಾ ಗಂತಿಗಳನ್ನು" ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆ ಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಸಾಗಣೆಯಾಗುವ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣವಹನ ಕ್ರಿಯೆಯು ಜರುಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಅರ್ಥಾತ್, ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ತಮ್ಮ ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಯ ಚಲನೆಯ ಜೊತೆಗೆ ವಿದ್ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ "ನೇರಪಲ್ಲಟ" ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಚೆದುರುವಿಕೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಎದುರು ಬದಿಯನ್ನು ತಲುಪಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ಅವಧಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಗುಣವನ್ನೇ "ಓಮನ ರೋಧತ್ವ" (Ohmic resistance, R = V/I) ವೆಂದು

ಪರಿಗಣಿಸಿದೆ. ವಾಹಕದೊಳಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವಾಗ ಜೌಲ್ ಪರಿಣಾಮದ ಅನ್ವಯ ಇದು ಶಾಖವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವ್ಯಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಧನ X - ಅಕ್ಷನೇರದಲ್ಲಿರಿಸಿದ ಚಿನ್ನದ ಚಪ್ಪಟೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದೊಳಗಿನ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಋಣ X - ಅಕ್ಷನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿ y - ಅಕ್ಷನೇರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಬಲಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಲೆ ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಬಲವೇರ್ಪಟ್ಟು Z - ಅಕ್ಷದ ಮೇಲ್ಮುಖದ ಕಡೆಗೆ ಅವು ದೂಡಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಾ ಮೇಲ್ಮುಖದಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ ಮತ್ತು ಕೆಳಮುಖದಲ್ಲಿ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಧನವಿದ್ಯುದಾವೇಶೀಯ ಕಣಗಳೂ ಸಂಚಯಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ, ಈ ಎರಡು ಮುಖಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು "ಹಾಲ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ" (Hall Field, $E_H$) ವೆಂದು ಕರೆಯುವರು. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬೆಲೆಗೆ ಏರಿದಾಗ ನಂತರದ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ ಸಂಚಯವನ್ನು ಇದೇ ಹಾಲ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ. ತದನಂತರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಋಣ X - ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸತೊಡಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಓಮನ ರೋಧತ್ವಕ್ಕೆ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧತ್ವವು ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹಾಲ್ ರೋಧತ್ವ $R_H$ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಕಾಂತ ಪ್ರಖರತೆಯ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯೊಡನೆ ಇದು ನೇರ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆಂದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡುತ್ತದೆ. $R_H$ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಮೂಲಕ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಲೋಹವು ಏಕಾಣುವಿನ ಅಥವಾ ಬಹು ಅಣುಗಳ ಹರಳ ಪಂಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆ? ಮತ್ತು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು P - ಮಾದರಿಯದೆ ಅಥವಾ n - ಮಾದರಿಯದೆ? - ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಮುಂದುವರಿದು, ಪರಿಪೂರ್ಣ ಸಿದ್ಧಾಂತವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿರುವ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಹೊಸ ಗಣಿತೀಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಸೇರ್ಪಡೆ ಮಾಡುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಇದು ಮುಂದುವರಿದ ಪರಿಶೋಧನೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದ ಬಗೆಯನ್ನು ಈಗ ತಿಳಿಯೋಣ. ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಿರುವ 30 ಟೆಸ್ಲಾಗಳಷ್ಟು ಅತಿ ಪ್ರಖರತೆಯುಳ್ಳ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸುರುಳಿಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಸೌಲಭ್ಯವು ಈಗ ಒದಗಿದೆ.

ಕೆಲವೊಂದು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಭೌತದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ "ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವಸ್ಥಿತಿ" ಎಂದು ಕರೆಯುವ ವಿಶೇಷ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅಸ್ಥಿತ್ವಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 1962 ರಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಡೊ, 1972 ರಲ್ಲಿ ಬಾರ್ಡೀನ್, ಕೂಪರ್ ಮತ್ತು ಶ್ರೈಫರ್, 1978 ರಲ್ಲಿ ಪೀಟರ್ ಕಪಿಟ್ಜಾ, 1982 ರಲ್ಲಿ ಬೆಡ್‌ನಾರ್ಜ್ ಮತ್ತು ಮುಲ್ಲರ್, 1996 ರಲ್ಲಿ ಲೀ, ಓಷೆರಾಫ್ ಮತ್ತು ರಿಚರ್ಡ್‌ಸನ್ ಪರಿಶೋಧಿಸಿ, ಆಯಾ ವರ್ಷಗಳ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿಗಳನ್ನು ಪಡೆದರು. ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯಗಳು ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ದ್ರವ್ಯದ ವಿವಿಧ ಪದರಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಲು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ್ ಮಥನ, ಅರ್ಥಾತ್ ಸ್ನಿಗ್ಧತ್ವವೇ ಕಾರಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ನಿಗ್ಧತ್ವವೇ ಏರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿರುವಂತೆ, ತೆರೆದ ಗಾಜಿನ ಬಟ್ಟಲಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾತ್ರವೇ ಇಂತಹ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯವನ್ನು ತುಂಬಿದಾಗ್ಯೂ, ಅದು ಹೊರಸುರಿಯ



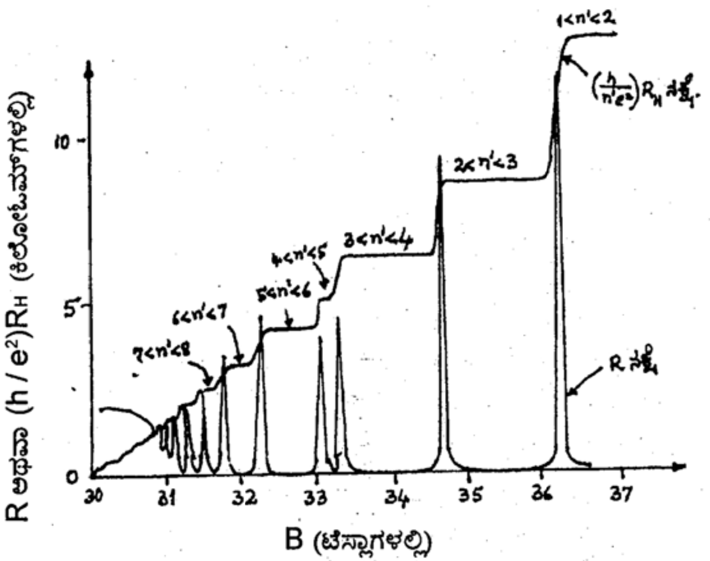

ಚಿತ್ರ : 13 ವಾನ್‌ಕ್ಲಿಟ್‌ಜಿಂಗ್ ಪ್ರಯೋಗ ಫಲಿತಾಂಶ

ತೊಡಗುತ್ತದೆ. ಅವನ್ನು "ಪರಮ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯ" ಗಳು ಎಂದು ಕರೆದರು. ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವು $2.186^0K$ ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಈ ಗುಣವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯ ಒಳಬದಿಯನ್ನು ಆಸರಿಸಿಕೊಂಡು ಮೇಲೇರಿ ಹೊರಸುರಿಯುವಷ್ಟು "ಪಾತಳಿ ಸೆಳೆತ" ವು ಪರಮ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯಸ್ಥಿತಿಗೆ ದೊರೆಯುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ ? ಘನಸ್ಥಿತಿಯ ದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವ ಹಾಲ್‌ರೋಧತ್ವವು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವ ಬಗೆಯು ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವಸ್ಥಿತಿಯ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಲಕ್ಷಣ ಗುಣವಾಗಿದೆ. ಅಲ್ಪಗದ್ದಲ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಸಮ್ಮಿಶ್ರ ಅರೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು ತೆಳುಬಿಲ್ಲೆಯಾಗಿ ರೂಪಿಸಿ ಅದನ್ನು $1^0K$ ಗೆ ಶೈತ್ಯೀಕರಿಸಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ, ಜರ್ಮನ್ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಕ್ಲಾಸ್ ವಾನ್ ಕ್ಲಿಟ್ಜಿಂಗ್ 1980 ರಲ್ಲಿ ಆ ಬಗ್ಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿದಾಗ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಫಲಿತಾಂಶವು ದೊರೆಯಿತು. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದ $R_H \propto B$ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿ ಹಾಲ್‌ರೋಧತ್ವವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ ಸರಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗದೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕಿಗಳ ಗುಣಿತದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಯಿತು. ಹಾಲ್‌ರೋಧತ್ವದ ಹಂತರೂಪದ ಏರಿಕೆಯು ದ್ರವ್ಯದ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುವ ರೋಧತ್ವದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರದೆ ಮೂಲಭೂತ ಭೌತ ಸ್ಥಿರಾಂಕಿಗಳ ಒಗ್ಗೂಡಿಕೆ $h/e^2 \approx 25k\,\Omega$ ನ್ನು ಪೂರ್ಣಾಂಕಿ $n$ ನಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದ ಪರಿಮಾಣದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿತ್ತು. $n$ ಪದವು 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ಎಂಬ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹಾಲ್‌ರೋಧತ್ವವನ್ನು ಹಂತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಪೂರ್ಣಾಂಕಿಯ ಘಟಕಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ವಿಶೇಷ ಗುಣವನ್ನು "ರೋಧತ್ವದ ಗಂತೀಕರಣ" (Quantisation of resistance) ಎಂದು ಕರೆದರು. ಗಂತೀಕೃತ ಹಾಲ್‌ರೋಧತ್ವದ ಬೆಲೆಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣ ರೋಧತ್ವವು ಕಾಣದಾಗುತ್ತದೆ. (R=0) ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯವು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಯನ್ನು "ಪೂರ್ಣಾಂಕಿಯ ಶಕ್ತಿಗಂತೀಯ ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮ" (Integer Quantum Hall effect) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿ, 1985 ರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪುರಸ್ಕಾರವನ್ನು ವಾನ್‌ಕ್ಲಿಟ್ಜಿಂಗ್‌ಗೆ ನೀಡಿ ಗೌರವಿಸಿದರು. ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ನಡವಳಿಕೆಯನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಖರತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವೃತ್ತ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ನಕ್ಷೆಯ ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳ ಅನ್ವಯ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಿರು ಪಥಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಭರ್ತಿಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಹಂತಗಳ ಎತ್ತರವು $1/n\ (h/e^2)$ ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. 1990 ರಿಂದೀಚೆಗೆ ರೋಧತ್ವಕ್ಕೆ ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಹೊಸ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಆದರ್ಶಮಾನ "ಕ್ಲಿಟ್ಜಿಂಗ್" ನ್ನು ರೂಢಿಗೆ ತಂದಿತು.

$$1 \text{ ಕ್ಲಿಟ್ಜಿಂಗ್ } (h/4e^2) \approx 6.25k\,\Omega$$

ಈ "ಶಕ್ತಿ ಗಂತೀಯ ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮ" ದ ನವೀಕೃತ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು 1982-83 ರಲ್ಲಿ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಯಾರ್ಕಿನ ಕೊಲಂಬಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಹೋರ್ಸ್ಟ್ ಎಲ್. ಸ್ಟಾರ್ಮರ್ ಮತ್ತು ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಭಾಗದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ಡೇನಿಯಲ್ ಸಿ. ಸೂಯಿ ಜೊತೆಯಾಗಿ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೇಲೆ 30 ಟೆಸ್ಲಾಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾಗಿ ಹಾಲ್ ರೋಧತ್ವವು ಹೊಸತಾದ ಹಂತರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರು. ವಾನ್ ಕ್ಲಿಟ್ಜಿಂಗ್ ಗಮನಿಸಿದ್ದ ಭಾರಿ ಎತ್ತರದ ಹಂತಕ್ಕಿಂತ ಮೂರರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಎತ್ತರವನ್ನು ಇದು




ಚಿತ್ರ : 14 ಸ್ಟಾರ್ಮರ್ ಮತ್ತು ಸೂಯಿ ಪ್ರಯೋಗ ಫಲಿತಾಂಶ

ಹೊಂದಿತ್ತು. ತದನಂತರ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಹೊಸ ಹಂತಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅವು ಭಿನ್ನಾಂಕಿಗಳ ಗುಣಿತಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗುವುದನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿದರು. ಇವರ ಪ್ರಯೋಗ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಮೇಲಿನ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ವಾನ್‌ಕ್ಲಿಟ್ಜಿಂಗ್ ಪರಿಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ $(h / e^2)$ $R_H$ ನ ಹೆಚ್ಚಳವು ಪೂರ್ಣಾಂಕಿ $n$ ಎಂಬ ಭಾಜ್ಯದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ ಸ್ಟಾರ್ಮರ್ ಮತ್ತು ಸೂಯಿ ಪರಿಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ $(h / e^2)$ $R_H$ ನ ಹೆಚ್ಚಳವು ಭಿನ್ನಾಂಕಿ $n'$ ಎಂಬ ಭಾಜ್ಯದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡೂ ಪ್ರಸಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಲ್‌ರೋಧತ್ವದ ಹಂತರೂಪದ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವಲ್ಲಿ ಪರಿಶೋಧಕರು ಸಫಲರಾಗಲಿಲ್ಲ. 1983-84 ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕಾದ ಸ್ಟ್ಯಾನ್‌ಫೋರ್ಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ರಾಬರ್ಟ್ ಲಾಘ್‌ಲಿನ್ ಇವಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ತ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಈತನ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯ ಸಾರವು ಹೀಗಿದೆ :

ಅತೀ ಕೆಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಆಸ್ಪದ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಅತೀ ಪ್ರಖರ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಗಾತ್ರವನ್ನು ಕುಗ್ಗಿಸುವ ಮೂಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪ್ರೇರಣಾ ಚಟುವಟಿಕೆಯು ಜರುಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಾಧಾರಣ ಚಟುವಟಿಕೆಯಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಫರ್ಮಿಕಣಗಳಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸಾಂದ್ರಗೊಳ್ಳಲು ವರ್ಜನ ತತ್ವವೂ, ಕೂಲಂಬ್ ವಿಕರ್ಷಣೆಯೂ ಅಡ್ಡಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ನಿವಾರಣೆಗಾಗಿ ಪ್ರತೀ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮೊದಲ ಹಂತವಾಗಿ ಸುತ್ತು ಪಥದ -, ಭ್ರಮಣೆಯ ಮತ್ತು ಆಂತರಿಕ - ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಗಂತಿಗಳನ್ನು ಒಗ್ಗೂಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ತದನಂತರ ಇಂತಹ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸಂಕೀರ್ಣ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಬೋಸ್ ಕಣಗಳಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಆದಕಾರಣ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ಅಡ್ಡಿಪಡಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಬಗೆಯ ಮಾರ್ಪಾಟು ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಸ್ಥಿತಿಯ ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಿದ ಪರಮ ಸ್ರಾವತ್ವಕ್ಕೆ ಆಸ್ಪದ ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದ ಅರೆವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಹಾಲ್ ರೋಧತ್ವವು ಹಂತರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುವಂತೆ ಮಾಡುವುದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಓಮನ (ಸಾಮಾನ್ಯ) ರೋಧತ್ವವನ್ನು $R_H$ ನ ಹಂತ ರೂಪದ ಹೆಚ್ಚಳದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸೊನ್ನೆಯಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಹೊಸ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವ ಗುಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಸಂಕೀರ್ಣ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಹೊರಗಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಹೆಚ್ಚುವರಿಯಾಗಿ ಸೇರಿಸಿದಾಗ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯವು ಉದ್ರೇಕಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ

ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಾವೇಶದ ಭಿನ್ನಾಂಶವನ್ನು ಮಾತ್ರವೇ ಹೊಂದಿರುವ ಅರ್ಧಾವಸ್ಥೆಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಪ್ರಜ್ಞೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಅರ್ಧಾವಸ್ಥೆಯ ಕಣಗಳು ಕಣಗಳೇ ಅಲ್ಲ. ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಕುಣಿತದ ಫಲವಾಗಿ ಇವು ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಸ್ಟಾರ್ಮರ್ ಮತ್ತು ಡೇನಿಯಲ್ ಸೂಯಿ ಪರಿಶೋಧನಾ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಈ ಅರ್ಧಾವಸ್ಥೆಯ ಕಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಾವೇಶ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ ಕೂಲಂಬ್‌ನ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭಿನ್ನಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವಲ್ಲಿ ಲಾಫ್‌ಲಿನ್ ಮೊದಲಿಗನಾದನು. ಈತನ ಈ ಹೊಸಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಪೂರ್ಣಾಂಕಿಯ ಮತ್ತು ಭಿನ್ನಾಂಕಿಯ ಶಕ್ತಿಗಂತೀಯ ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸುಸಂಬದ್ಧವಾಗಿ ವಿವರಿಸಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಈ ಹೊಸ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯವು (Quantum fluid) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಮುಂದುವರಿದ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ವಿರೋಧಿಸುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು "ಒತ್ತಿಕುಗ್ಗಿಸಲಾಗದ ಅಥವಾ ಅಸಂಕೋಚನೀಯ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯ" (Incompressible fluid) ವೆಂದು ಹೆಸರಿಸಿದರು. ಪ್ರಯೋಗಗೊಳ್ಳುವ ಒತ್ತುಬಲದಿಂದ ಗಾತ್ರವು ಕುಗ್ಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಮತ್ತಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದನ್ನು ಈ ಅಸಂಕೋಚನೀಯ ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯವು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ವಿರೋಧಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ತಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಹಲವು ಸಂಶೋಧನಾ ತಂಡಗಳು ಮೇಲೆ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿರುವ ಅರ್ಧಾವಸ್ಥೆಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಗಮನಿಸುವಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾದರು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪಥಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಏರಿಳಿತಗಳಿಗೆ ಈ ಅರ್ಧಾವಸ್ಥೆಯ ಕಣ ಪ್ರವಾಹವು ಕಾರಣವೆಂದು ಖಚಿತ ಪಟ್ಟಿತು. ಪರಮವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮಾತ್ರವೇ ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ ಈ ಬಗೆಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಏರಿಳಿತಗಳಿಗೆ ಆಸ್ಪದವಿರುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಆಲಿಕಲ್ಲಿನ ಮಳೆಯು ಬೀಳುವಾಗ ದಪ್ಪ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಆಲಿಕಲ್ಲುಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಸದ್ದುಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಗುರುತಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಅರ್ಧಾವಸ್ಥೆಯ ಕಣಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಏರಿಳಿತಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಯು "ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಥದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಾರ್ಯವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಾಸ್ತ್ರ" (Micro - electronics) ದ ವಿಸ್ಮಯಕರ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿದೆ. ದ್ರವ್ಯಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಂತರ್ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಬಲಕ್ರಿಯಾಗುಣಗಳನ್ನು ಈ ಹೊಸಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಗಂತಿ

ಸ್ರಾವದ್ರವ್ಯದ ಏಕಮಾತ್ರ ಹನಿಯಿಂದ ಸವಿವರವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಕಾರಣ, ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಇದು ಅತ್ಯಗತ್ಯವೆನಿಸಿದೆ. ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಅಂತರ್ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ಹೊಸ ಸೈದ್ಧಾಂತೀಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ ಈ ಪರಿಶೋಧನೆಯು ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಶಾಖೆಗಳ ಗಣನೀಯ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಮೂಲಾಧಾರವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತಿದೆ. ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಮೀರಿದ ಅಚ್ಚರಿಯ ಹೊಸ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನೂ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಡಗಿರುವ ನಿಗೂಢ ಸತ್ಯಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಗಳನ್ನೂ ಇದು ಹೊರಗೆಡಹುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ನಾವು ಕಾದು ನೋಡಬೇಕಿದೆ. ಪರಮ ತಂತು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಢೀಕರಣಕ್ಕೆ ಇದರ ಕೊಡುಗೆಯ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಕಾತರದಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಿದೆ.

## ಗ್ರಂಥಋಣ

1. Solid state physics ; G.I. Epifanov ; Mir publishers ; Moscow ; 1979.

2. Fundamentals of physics ; (3rd edn) ; Halliday and Resnick ; John Wiley and Sons; New York ; 1988.

3. Classical and Modern Physics ; Gettys, Keller and Scove ; Mc Graw - Hill Book Company ; New York; 1989.

4. Information procured by "Web site".

5. Information procured by Mc Graw - Hill encyclopaedia of science and
Information procured by Encyclopaedia of Britannica.

6. Awards and prizes ; Nobel prize in physics for 1998; Physics Education ; January - March 1999 ; pp 391 - 396.

# ಪದಾರ್ಥಕೋಶ

| | | |
|---|---|---|
| ಅಂಶಿಕ ಕಣ | : | Grain |
| ಅಡ್ಡಕಾಂತ | : | Diamagnet |
| ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಯ (ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಚಾರದ) | : | Random |
| ಅಣು ಸಂಖ್ಯೆ | : | Atomic number |
| ಅಣು ತೂಕ | : | Atomic Weight |
| ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆ | : | Institute |
| ಅಧಿಮಿಶ್ರಕ | : | Modulator |
| ಅನಿಲ | : | Gas |
| ಅಪಸಂಪರ್ಕ | : | Short - circuit |
| ಅಸಂಕೋಚನೀಯ | : | Incompressible |
| ಅಳತೆಮಾನ | : | Unit of Measurement |
| ಆಂತರಿಕ | : | Internal |
| ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ | : | Noble gas |
| ಉತ್ಪನ್ನ | : | Function |
| ಉಷ್ಣನಿರ್ವಾಹಿ | : | Adiabatic |
| ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರ | : | Thermodynamics |
| ಉಷ್ಣವಹನ | : | Conduction of heat |
| ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಘ | : | Electron cloud |
| ಏಕನೇರ ಪಲ್ಲಟ | : | Drift motion |
| ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ತು | : | Direct current |
| ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ | : | Rectifier |
| ಒತ್ತು ವಿಧಾನ | : | Compression type |
| ಒಳಕೇಂದ್ರ | : | Core |
| ಓಮನ ನಿಯಮ | : | Ohms law |

| | | |
|---|---|---|
| ಕಣ | : | Particle, Corpuscle |
| ಕಣ ಪಂಕ್ತಿ | : | Lattice, Space lattice |
| ಕ್ರಮಾವರ್ತಿಕೋಷ್ಟಕ | : | Periodic Table |
| ಕಾಂತತೆ | : | Magnetism |
| ಕಾಂತರೇಖಾ ಪ್ರವೇಶ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ | : | Permeability |
| ಕಾಂತೀಯ ಉದ್ಧರಣ | : | Magnetic levitation |
| ಕಾಂತೀಯ ದರ್ಪಣ | : | Magnetic Mirror |
| ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ | : | Magnetic Moment |
| ಕಾಂತೀಯ ಸಹಿಷ್ಣತೆ | : | Magnetic susceptibility |
| ಕಾರ್ಯ ಉತ್ಪನ್ನ | : | Work Function |
| ಕಿರುಕಂಠದ ಜಾಡಿ | : | Flask |
| ಕಿರುನಾಳ | : | Capillary Tube |
| ಕಿರು ನಿರ್ಗಮನ ಕೊಳವೆ | : | Nozzle |
| ಕುದಿಬಿಂದು | : | Boiling point |
| ಕೂಪರ್ ಜೋಡಿ | : | Cooper pair |
| ಗಣಕ ಯಂತ್ರ | : | Computer |
| ಗಳಿಕೆ ಬದಿ | : | Output side |
| ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ | : | Latent heat |
| ಘನಸ್ಥಿತಿ | : | Solid state |
| ಘನೀಭವನ ಬಿಂದು | : | Freezing point |
| ಘರ್ಷಣೆ | : | Collision, Impact |
| ಚಲನೆ | : | Motion |
| ಚಿದುರಿಕೆ ಕೇಂದ್ರ | : | Scattering centre |
| ಜಡ ಅನಿಲ | : | Inert gas |
| ಜಾಳಂದ್ರ | : | Grid |
| ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರ | : | Biology |
| ಜೀವನ ನಿಯತಕಾಲಿಕ | : | Life Magazine |

| | | |
|---|---|---|
| ಜೀವನ ಹೋರಾಟ | : | Struggle for existence |
| ಜೋಡಣಾಂಗ, ಜೋಡಣಾತಾಣ | : | Junction |
| ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ | : | Technology |
| ತವರ | : | Tin |
| ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆ | : | Polytechnic |
| ತ್ರಿದಿಶಾವಿನ್ಯಾಸ (ತ್ರೈ ಮಾಪಮಾನ ವಿನ್ಯಾಸ) | : | Three dimensional Structure |
| ದ್ರವ್ಯ | : | Matter |
| ದ್ರವ್ಯ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣ | : | Material condensation |
| ದ್ರವೀಕರಣ | : | Liquifaction |
| ದೃಗ್ ವಿಸರಣಶಾಸ್ತ್ರ | : | Optics |
| ದೃಗ್ಗೋಚರಾತೀತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಸ್ಥಿತಿ | : | Microscopic state |
| ನಕಲು ಪ್ರತಿ ಸೃಜನ ಸಾಧನ | : | Xerox Machine |
| ನಮೂನೆ | : | Type, form |
| ನಾಟುವಿಕೆ | : | Pinning |
| ನಿರೀಂದ್ರಿಯ ಅಲೋಹಗಳು | : | Ceramic Materials |
| ನಿರುಪಾಧಿಕ | : | Absolute |
| ನಿರೂಪ | : | Statement |
| ನಿಶಿದ್ಧ ಶಕ್ತಿ ಪಟ್ಟಿ | : | Forbidden energy gap |
| ನುಸುಳಿಕೆ (ನಾಟುವಿಕೆ) | : | Penetration |
| ನೇರಪಲ್ಲಟ | : | Drift Motion |
| ಪರ್ಯಾಪ್ತ | : | Finite |
| ಪರಮ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ | : | Superconductor |
| ಪರಮಾಣು ತೂಕ | : | Molecular weight |
| ಪವಮಾನಶಾಸ್ತ್ರ | : | Meteorology |
| ಪ್ರವಾಹ ನಿಯಂತ್ರಕ | : | Grid |
| ಪಾತಳಿಸೆಳೆತ | : | Surface Tension |

| | | |
|---|---|---|
| ಪಾದರಸ | : | Mercury |
| ಪ್ರಾಚ್ಯಕಲೆ | : | Oriental Art |
| ಪ್ರಾಬಲ್ಯ | : | Strength |
| ಪೂರ್ಣಗ್ರಾಹಿ | : | Holoid, Xerox Copier |
| ಪೂರ್ಣಾಂಕಿ | : | Integer |
| ಫರ್ಮಿ ಕಣ | : | Fermion |
| ಬಲರೇಖೆ | : | Line of force |
| ಬೋಸ್ ಕಣ | : | Boson |
| ಭಗ್ನತೆ ಬಿಂದು | : | Defective point |
| ಭೌಗೋಳಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ | : | Geo physics |
| ಮೀಸ್ನರ್ ಪರಿಣಾಮ | : | Meissner Effect |
| ಮುಕ್ತರೂಪದ (ಗಾತ್ರ)ವಿಸ್ತರಣೆ | : | Free Expansion |
| ಮೂಲವಸ್ತು | : | Element |
| ಮೇಘ | : | Cloud |
| ರೋಧತ್ವ | : | Resistance |
| ಲೋಲಕ | : | Pendulum |
| ಲೋಹ | : | Metal |
| ವರ್ಗಾವಣಾ (ವಿಷಮ)ಉಷ್ಣಾಂಶ | : | Transition (Critical) Temperature |
| ವರ್ಗಾವಣಾ ರೋಧಕ | : | Transistor, Transfer resistor |
| ವ್ಯತ್ಯಯ ಜನ್ಯ ಕಲನ ಸಮೀಕರಣ | : | Differential Equation |
| ವ್ಯತಿಕ್ರಮ ಸಾಧ್ಯದ | : | Reversible |
| ವಿಕಿರಣ ಭಗ್ನತೆ | : | Radiative destruction |
| ವಿದ್ವತ್ ಸಭೆ | : | Academy |
| ವಿದ್ಯುಚ್ಛಾಪ | : | Electric Spark |
| ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ | : | Electromagnetic |

| | | |
|---|---|---|
| ವಿದ್ಯುತ್ ಪಥದ ಅಪಸಂಪರ್ಕ | : | Short Circuit |
| ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ | : | Electric current density |
| ವಿದ್ಯುತ್ ಶಾಸ್ತ್ರ | : | Electricity |
| ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ (ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ) | : | Electrical conductor |
| ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ | : | Electrical potential |
| ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ವರ್ಗಾವಣಾಕಾರಿ | : | Transformer |
| ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ | : | Insulator (Dielectric) |
| ವಿದ್ಯುನ್ನಿರೋಧಕ ಸ್ಥಿರಾಂಕ | : | Dielectric constant |
| ವಿಲೋಮ | : | Reciprocal, Inverse |
| ವಿಳಂಬಿತ ಪ್ರಕಾಶೋತ್ಪಾದನೆ | : | Phosphorescence |
| ಶಕ್ತಿಗಂತಿ | : | Quantum of energy |
| ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸಂಘಟ್ಟನಾ ಮಾಪಕ | : | SQUID |
| ಶಕ್ತಿಗಂತಿ ಸ್ರಾವಸ್ಥಿತಿ | : | Quantum fluid state |
| ಶಕ್ತಿಗುಂದಿತ ಪ್ರಕಾಶೋತ್ಪಾದನೆ | : | Fluorescence |
| ಶ್ರವಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿ | : | Andible range |
| ಶುಷ್ಕ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆ | : | Dry Ice |
| ಶೂನ್ಯಬಿಂದು ಶಕ್ತಿ | : | Zero point energy |
| ಶೈತ್ಯಕಾರಿ | : | Refrigetor |
| ಶೈತ್ಯೀಕರಣ ಶಾಸ್ತ್ರ | : | Cryogenics |
| ಶೈತ್ಯೋತ್ಪಾದಕ | : | Cold generator |
| ಸಂಚಾರಿ | : | Mobile |
| ಸಂದೇಶ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ಘಟಕ | : | Antenna |
| ಸಂಪರ್ಕ ಕಡಿತ ಕಾರ್ಯ | : | Switch off |
| ಸಂಪರ್ಕ ಚಾಲಕ | : | Switch |
| ಸಂಪರ್ಕ ಚಾಲನ ಕಾರ್ಯ | : | Switch on |
| ಸಂಯೋಗೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು | : | Valence Electron |
| ಸಂಶೋಧನಾ ಪರಿಣತಿ | : | Doctorate |

| | | |
|---|---|---|
| ಸಂಸಕ್ತತೆ | : | Coherence |
| ಸೂಕ್ಷ್ಮಪಥದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಾರ್ಯವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಾಸ್ತ್ರ | : | Micro electronics |
| ಸ್ಪಂದನಾ ಗಂತಿ | : | Phonon |
| ಸ್ಪಂದನೆ | : | Vibration, Oscillation |
| ಸ್ಮರಣ ಘಟಕ | : | Memory unit |
| ಸ್ಮರಣ ವಿಜ್ಞಾನ | : | Cognitive Science |
| ಸಾಂದರ್ಭಿಕ ನಿಯತಾಂಕ | : | Parameter |
| ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ | : | Classical |
| ಸ್ಥಿರೋಷ್ಣದ | : | Isothermal |
| ಸ್ನಿಗ್ಧತ್ವ | : | Viscosity |
| ಸೀಮಾ ತಡೆ | : | Barrier |
| ಸೀಮಿತಿ | : | Limit |
| ಸೀಸ | : | Lead |
| ಸುಳಿಗಳು | : | Vortices |
| ಸ್ವೇಚ್ಛಾಚಾರದ | : | Random |
| ಹರಳು | : | Crystal |
| ಹೀರಿಕೆ ವರ್ಣಪಟ್ಟಿ | : | Absorption Spectrum |
| ಹೂಡಿಕೆಯ ಪಾರ್ಶ್ವ | : | Input side |
| ಹೊನಲ ಗಂತಿ | : | Fluxon |

ಸತ್ಯಂ ಶಿವಂ ಸುಂದರಂ

## ಶುಭವಾಗಲಿ

ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕತನ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಗುಣವೇ ಅಥವಾ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗನನ್ನಾಗಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದೇ ಎಂಬ ಜಿಜ್ಞಾಸೆ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆದಿದ್ದು, ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಸ್ತುತ ಮೂಲಭೂತ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಉತ್ತರ ನೀಡಬಲ್ಲುದೆ ಅಥವಾ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಹೊಸ ಆಯಾಮದ ಅಗತ್ಯವಿದೆಯೇ ಎಂಬೆಲ್ಲ ಚರ್ಚೆ ಈ ಕೃತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿದ್ದು, ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪಾರಂಗತರಾದ ಮೂವರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಹೊಸ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳು ಜತೆಗೆ ಅವರ ವ್ಯಕ್ತಿಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ನೀಡಿ ಕೃತಿಯ ಒಟ್ಟಂದವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಕ್ಷೇತ್ರತಜ್ಞರು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾಹಿತಿಯ ಉಪಯೋಗ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ವಿನಯಪೂರ್ವಕ ವಿನಂತಿ.

**ಧರ್ಮದರ್ಶಿ ಹರಿಕೃಷ್ಣ ಪುನರೂರು**
ಅಧ್ಯಕ್ಷರು